Landesamt für Natur,
Umwelt und Klima
Nordrhein-Westfalen

RINGVERSUCH DER STAATLICHEN IMMISSIONSMESSSTELLEN (STIMES)

Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Benzol

18. - 20. November 2025

LANUK-Fachbericht 180



LANUK
Kompetenz für ein lebenswertes Land

Inhalt

Abkürzungen/Begriffe 5

1 Einleitung 6

1.1 Ziel des Ringversuches 6

1.2 Zeitplan 6

1.3 TN-Liste 9

1.4 Übersicht über die eingesetzten Messverfahren 10

1.5 Erläuterung Bewertungsteil und ergänzende Prüfgasangebote 12

2 Zusammenfassung der Ergebnisse 13

3 Bewertungsteil 14

3.1 Bewertung nach dem z-score Verfahren 14

3.2 Ermittlung der Vorgabekonzentration (Sollkonzentration) und der Unsicherheit der Eignungsbekanntgabe 15

3.2.1 Ermittlung des zugewiesenen Wertes 15

3.2.2 Ermittlung der Unsicherheit der Eignungsprüfung und der Unsicherheit des zugewiesenen Wertes 15

3.2.3 Plausibilitätsprüfung 15

3.3 Prüfgasangebote 17

3.4 Kenngrößen der TN-Messwerte 18

3.5 z-score-Auswertung Schwefeldioxid 19

3.6 z-score-Auswertung Kohlenmonoxid 26

3.7 z-score-Auswertung Benzol 33

4 Ergänzende Prüfgasangebote und Auswertungen 40

4.1 Messunsicherheiten der TN – E_n-Zahlen 40

4.2 E_n-Zahlen Schwefeldioxid 41

4.3 E_n-Zahlen Kohlenmonoxid 43

4.4 E_n-Zahlen Benzol 45

4.5 Querempfindlichkeiten 47

4.5.1 Schwefeldioxid 48

4.5.2 Benzol 62

4.6 Vergleichsmessungen ORSA-Röhrchen 67

5 Anhang 70

5.1 ORSA-Vergleichsmessungen 70

5.2 Ergänzende Prüfgasangebote – anorganische und organische Gase 73

5.2.1 Schwefeldioxid 73

5.2.2 Kohlenmonoxid 74
5.2.3 Benzol 74
5.2.4 Toluol 75
5.2.5 o-Xylol 75
5.2.6 m-/p-Xylol 76
5.2.7 Ethylbenzol 76
Abbildungsverzeichnis 77
Tabellenverzeichnis 79

Abkürzungen/Begriffe

Kürzel:	**Bezeichnung/Erklärung:**
ppb	**p**arts **p**er **b**illion - wird üblicherweise in der Messtechnik verwendet und **entspricht der Bezeichnung für die Einheit nmol/mol**
CAPS	**C**avity **A**ttenuated **P**hase **S**hift
TN	Teilnehmende(n), Teilnehmerinnen, Teilnehmer

1 Einleitung

In der Zeit vom 18. bis 20. November 2025 fand im LANUK NRW ein Ringversuch der staatlichen Immissionsmessstellen der Bundesländer (STIMES) statt. Der Ringversuch beinhaltete die Messkomponenten Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Benzol 2025. Folgende Messverfahren waren beteiligt:

Tabelle 1: Anzahl der TN-Verfahren

Anzahl der TN	Verfahren	Anzahl
20	UV-Fluoreszenz Schwefeldioxid	23
	Nondispersive IR (CO)	21
	Benzol Prozess-GC	8
	Absorptionsröhrchen Benzol mit Laboranalytik	3

Ergänzend zum Ringversuchsangebot wurden beprobte ORSA-Röhrchen für BTEX-Vergleichsmessungen an interessierte TN verteilt.

1.1 Ziel des Ringversuches

- Vergleich der Messergebnisse für verschiedene Prüfgaskonzentrationen im Bereich der Grenzwerte und typischer Außenluftbedingungen
- Vorgabe von Referenzwerten mit definierter Unsicherheit
- Ermittlung von ausgesuchten Querempfindlichkeiten

1.2 Zeitplan

Montag, den 17.11.2025

Uhrzeit				
von	**bis**	**Was?**	**Wo?**	**Prüfgas**
10:00	17:00	Anreise und Aufbau der Geräte im Technikum Kontrollkalibrierung der Teilnehmenden	Technikum	

Dienstag, den 18.11.2025

Uhrzeit von	bis	Was?	Wo?	Prüfgas
08:00	09:15	Kalibrierzeit, Nullgas auf der Leitung		
14:30	15:30	**Begrüßung und Eingangsbesprechung**	Saal K3	
		Bewertungsangebote mit z-Score Auswertung		
09:45	10:30	350 µg/m³ SO_2 + 20 mg/m³ CO		PG 1
10:45	11:30	140 µg/m³ SO_2 + 10 mg/m³ CO		PG 2
11:45	12:30	75 µg/m³ SO_2 + 5 mg/m³ CO		PG 3
12:45	13:30	30 µg/m³ SO_2 + 2 mg/m³ CO		PG 4
13:45	14:30	50 µg/m³ SO_2 + 3 mg/m³ CO		PG 5
		Ergänzungsangebot N1 - Querempfindlichkeiten SO_2		
14:45	15:30	100 µg/m³ SO_2		PG 6
15:45	17:45	SO_2 30 µg/m³ + 4 mmol/mol H_2O (ca. 15 % rel. Feuchte)		PG 7
17:30		***Ende der Arbeiten im Technikum***		
18:00	20:00	SO_2 100 µg/m³ + 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)		PG 8
20:15	22:15	SO_2 30 µg/m³ + 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)		PG 9
22:30	00:30	100 µg/m³ SO_2		PG 10
00:45	01:45	SO_2 100 µg/m³ + 500 nmol/mol NO		PG 11
02:00	03:00	SO_2 30 µg/m³ + 500 nmol/mol NO		PG 12
03:15	04:15	SO_2 30 µg/m³ + 50 nmol/mol NO		PG 13
04:30	05:30	30 µg/m³ SO_2 + 2 mg/m³ CO		PG 14
05:45	06:30	Nullgas		PG 15

Mittwoch, den 19.11.2025

Uhrzeit von	bis	Was?	Wo?	Prüfgas
08:00	10:00	Kalibrierzeit, Nullgas auf der Leitung		
10:00	10:30	**Abschlussbesprechung**	Saal K3	
		Bewertungsangebote mit z-Score Auswertung		
11:00	13:00	Benzol 1 µg/m³		PG 16
13:30	15:30	Benzol 2 µg/m³		PG 17
16:00	18:00	Benzol 5 µg/m³		PG 18
18:30	20:30	Benzol 3 µg/m³		PG 19
21:00	23:00	Benzol 7,5 µg/m³		PG 20
17:30		***Ende der Arbeiten im Technikum***		
		Ergänzungsangebot N2		
23:30	00:30	Nullgas		PG 21
01:00	03:00	Benzol 5 µg/m³ + 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)		PG 22
03:30	05:30	Benzol 5 µg/m³ + 180 µg/m³ Ozon		PG 23
06:00	08:00	Benzol 5 µg/m³		PG 24

Donnerstag, den 20.11.2025

Uhrzeit				
von	**bis**	**Was?**	**Wo?**	**Prüfgas**
08:00	15:00	Kalibrierzeit - Nullgas auf der Leitung		
16:00		*Ende der Arbeiten im Technikum*		
		Endgültige Ergebnisabgabe bis 19.12.2025		

1.3 TN-Liste

Tabelle 2: TN-Liste

Messstelle	Straße	PLZ	Ort
LANUK FB 43	Wallneyer Str. 6	45133	Essen
Umweltbundesamt Außenstelle Langen	Paul-Ehrlich-Straße 29	63225	Langen
Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (Bremen)	An der Reeperbahn 2	28217	Bremen
Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarbrücken	Don-Bosco-Str. 1	66119	Saarbrücken
Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz	Göschwitzer Straße 41	07745	Jena
Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft	Altwahnsdorf 12	01445	Radebeul
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rheingaustr. 186	65203	Wiesbaden
Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg	Großoberfeld 3	76135	Karlsruhe
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Außenstelle Magdeburg	Wallonerberg 6 - 7	39104	Magdeburg
Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim	Goslarsche Straße 3	31134	Hildesheim
Landeslabor Berlin-Brandenburg	Müllroser Chaussee 50	15236	Frankfurt Oder
Institut für Hygiene und Umwelt Hamburg	Marckmannstraße 129a	20539	Hamburg
Landesamt für Umwelt, Rheinland-Pfalz	Kaiser-Friedrich-Straße 7	55116	Mainz
Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt	Brückenstraße 6	10179	Berlin
Landesamt für Umwelt Brandenburg	Seeburger Chaussee 2	14476	Potsdam
Bayerisches Landesamt für Umwelt	Bürgermeister-Ulrich-Straße 160	86179	Augsburg
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Mecklenburg-Vorpommern	Goldberger Str. 12b	12373	Güstrow
GGD Amsterdam	Nieuwe Achtergracht 100	1018	WT Amsterdam (NL)
RIVM	Antonie van Leeuwenhoeklaan 9	3721	MA Bilthoven (NL)
LANUK FB 42	Wallneyer Str. 6	45133	Essen

1.4 Übersicht über die eingesetzten Messverfahren

Tabelle 3: Eingesetzte Messverfahren

TN	Analysemethoden	Komponente
TN01	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
TN02	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN03	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN05	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Environnement AF22 M	Schwefeldioxid
TN06	Horiba APSA 360	Schwefeldioxid
TN07	Thermo 48i TLE	Kohlenmonoxid
	Thermo 43i TLE	Schwefeldioxid
TN08, TN11	Thermo 43i	Schwefeldioxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN09	Absorptionsröhrchen	Benzol
TN10, TN22	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Environnement AF22 e	Schwefeldioxid
	Picarro G2401	Kohlenmonoxid
		Schwefeldioxid
TN12	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN13	Teledyne API T300	Kohlenmonoxid
	Thermo 43i	Schwefeldioxid
TN14, TN16	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
	ENVEA AF22e	Schwefeldioxid
TN15	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Thermo 43i	Schwefeldioxid
TN19	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN20	Chromatotec GC866	Benzol
TN21	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN23	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
TN24	AMA GC 5000 (FID)	Benzol
TN25	AMA GC 5000	Benzol
TN26	Teledyne API T300	Kohlenmonoxid
	Thermo 43i	Schwefeldioxid
TN29	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid

TN	Analysemethoden	Komponente
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN30	AMA GC 5000 (FID)	Benzol
TN31	Chromatotec GC866	Benzol
TN32	Teledyne API T300	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN34	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Teledyne API T100	Schwefeldioxid
TN35	Ecotech Serinus 30	Kohlenmonoxid
	Teledyne API T100	Schwefeldioxid
TN36	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
TN37	AMA GC 5000 FID	Benzol
TN40	Absorptionsröhrchen	Benzol
TN41	Thermo 48i	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
TN42	Horiba APMA 370	Kohlenmonoxid
	Horiba APSA 370	Schwefeldioxid
	AMA GC 5000 (FID)	Benzol
TN43	Absorptionsröhrchen	Benzol
TN44	ENVEA VOC72M	Benzol

1.5 Erläuterung Bewertungsteil und ergänzende Prüfgasangebote

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen ist ein durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17043:2023 akkreditierter Eignungsprüfungsanbieter. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-EP-14200-01-00) aufgeführten Akkreditierungsumfang. Alle Auswertungen und die Erstellung dieses Berichtes erfolgten ausschließlich durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LANUK. Für Teile der Auswertung wurde die Software PROLab Plus der Fa. QuoData verwendet.

Der vorliegende Bericht dient zur Dokumentation der Ergebnisse eines STIMES-Ringversuches. Der Bericht ist in zwei Teile unterteilt.

1) Bewertungsteil (Kapitel 3)
2) Ergänzende Prüfgasangebote und Auswertungen (Kapitel 4)

Die Beurteilung der Eignung erfolgt anhand der TN-Messwerte durch eine z-score Auswertung. Über die erfolgreiche Teilnahme an einem Ringversuch wird zusätzlich zu diesem Bericht ein TN-Zertifikat ausgestellt.

Neben der reinen Eignungsbekanntgabe finden im Rahmen des STIMES-Arbeitskreises umfangreiche weitere Untersuchungen statt. Bei diesem Ringversuch wurden ergänzende Angebote zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Messverfahren auf ausgesuchte Störkomponenten dosiert und die Querempfindlichkeiten ermittelt.

Zusätzlich hatten interessierte TN die Möglichkeit an einer Vergleichsmessung für Benzol auf Aktivkohle teilzunehmen. Als Probenträger dienten ORSA-Röhrchen der Fa. Dräger. Interessierte TN erhielten jeweils vier ORSA-Röhrchen zur Analyse von BTEX. Diese wurden kodiert an die TN verteilt.

2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Standardabweichung der TN-Messwerte für die Bewertungsangebote lag für die Komponenten Schwefeldioxid zwischen 1,5 und 12,3 µg/m³ bei im Mittel von 3,8 % relativer Standardabweichung und für die Komponente Kohlenmonoxid bei 0,1 bis 0,4 mg/m³ bei einer relativen Standardabweichung bei im Mittel von 2,2 %. Für die Komponente Benzol lag die Standardabweichung zwischen 0,2 und 0,5 µg/m³ (relative Standardabweichung 5,8 % bis 14,4 %).

Die Abschnitte 3.5 bis 3.7 zeigen die Ergebnisse der TN mit den z‘/z-score Auswertungen. Bei der Komponente Schwefeldioxid erfüllt 1 TN von 23 TN-Verfahren die Anforderungen nicht. Bei zwei Prüfgasen (PG 1, PG 2) wurden hier zu geringe Konzentrationen gemessen. Für die Komponenten Kohlenmonoxid (21 TN) und Benzol (10 TN) wurden die Anforderungen von allen TN erfüllt.

Alle TN waren aufgefordert, Angaben zur Messunsicherheit zu machen. Als ergänzende Auswertung wurden für alle Prüfgasangebote aus dem Bewertungsteil mittels der von den TN angegebenen Unsicherheiten die E_n-Zahlen nach DIN ISO 13528 berechnet (siehe Kapitel 4). Bei der Komponente Schwefeldioxid haben 6 TN Probleme bei der Einhaltung der E_n-Zahlen im Bereich -1 bis +1. Bei Kohlenmonoxid sind es 3 TN und bei Benzol 2 TN, die dieses Kriterium nicht einhalten und damit Probleme bei der Schätzung der Messunsicherheit haben.

Im Abschnitt 4.5 wurden die Querempfindlichkeiten von Schwefeldioxid gegenüber Wasserdampf und Stickstoffmonoxid sowie von Benzol gegenüber Wasserdampf und Ozon untersucht. Bei der Komponente Schwefeldioxid zeigten sich gegenüber Wasserdampf erst bei 40 % Feuchte und einer Schwefeldioxid-Konzentration von 100 µg/m³ etwas deutlichere Querempfindlichkeiten.

TN 22 setzt einen Analysator mit WS-CRDS-Technologie (wellenlängengescannte Ring-Down-Laserspektroskopie) als Analysemethode ein und misst bei den Angeboten zur Querempfindlichkeit zu viel.

Bei der Dosierung von 500 nmol/mol Stickstoffmonoxid (Störkomponente) kommt es unabhängig von der SO_2-Konzentration zu positiven Querempfindlichkeiten. Bei der Dosierung von 50 nmol/mol Stickstoffmonoxid zeigt sich nur eine geringe positive Querempfindlichkeit.

Bei der Komponente Benzol wurden, mit Ausnahme eines TN, nur marginale Querempfindlichkeiten registriert.

In Abschnitt 4.6 befindet sich eine Übersicht über die Ergebnisse der BTEX-Vergleichsmessungen der ORSA-Röhrchen. Die Röhrchen wurden zur Vergleichsmessung für BTEX an interessierte TN des Ringversuches verteilt. Die Analyse erfolgte dann in den Laboratorien der TN bzw. wurde von den TN an externe Auftragnehmer*innen vergeben.

3 Bewertungsteil

3.1 Bewertung nach dem z-score Verfahren

Der z-score (z-Wert) ist ein standardisiertes Maß für die Abweichung eines Laboratoriums vom zugewiesenen Wert, berechnet unter Verwendung des zugewiesenen Wertes (Sollwert), des TN-Messwertes und der Standardabweichung für die Eignungsbeurteilung.

Ein z-score, der den Betrag von 3 überschreitet, bedeutet eine Überschreitung der Kontrollgrenzen und somit einen fehlerhaften Wert. Ein z-score oberhalb des Betrages 2 stellt ein Warnsignal dar.

Der z-score wird nach folgender Formel berechnet:

$$z = \frac{x - X}{\sigma_{pt}}$$

z	z-score
x	Konzentration einzelner TN
X	zugewiesener Wert (Sollwert)
σpt	Standardabweichung für die Eignungsbeurteilung

Durch die Normierung auf die Präzisionsvorgabe gibt es für die z-scores ein allgemeines Bewertungsschema:

$\|z\| \leq 2$	Ergebnis zufriedenstellend
$2 < \|z\| < 3$	Ergebnis fraglich
$\|z\| \geq 3$	Ergebnis unzureichend

Die Bewertung der Gesamtleistung erfolgt komponentenweise, wobei 80 % der Angebote einer Komponente (eines Merkmals) mit einem zufriedenstellenden z-/z‘-score von $|z| \leq 2$ bewertet sein müssen. Dies entspricht einer Quote von 4 von 5 der pro Komponente angebotenen Prüfgaskonzentrationen. Grundsätzlich wird allen TN, die z-score-Beträge größer als 2 erzielt haben, empfohlen, ihr Analyseverfahren zu überprüfen.

Im Falle der Komponente Benzol standen keine 14 teilnehmenden Verfahren zur robusten Berechnung aus den Messwerten der TN zur Verfügung. Der zugewiesene Wert wurde daher mit metrologisch rückführbaren Standards aus den Dosierungen der Prüfgase berechnet. Die Standardabweichung für die Eignungsbeurteilung beinhaltet, neben der Unsicherheit der dosierten Konzentration auch die Unsicherheit aus den Anforderungen nach Tabelle 4.

3.2 Ermittlung der Vorgabekonzentration (Sollkonzentration) und der Unsicherheit der Eignungsbekanntgabe

3.2.1 Ermittlung des zugewiesenen Wertes

Die Bestimmung des zugewiesenen Wertes und der zugehörigen Standardunsicherheit für die Beurteilung der Ringversuchsteilnehmerinnen/-teilnehmer erfolgt mit dem robusten Verfahren der DIN ISO 13528 Q-Methode/Hampel-Schätzer (Anhang C.5). Bei weniger als 14 Teilnehmenden wird der zugewiesene Wert aus dem Mittelwert der Nationalen Referenzlaboratorien (UBA und LANUK) oder durch einen rückführbaren Wert aus der Prüfgasherstellung bzw. Dosierung ermittelt.

Bei den Angeboten mit Störkomponenten (z. B. feuchte Prüfgase) wurde der Vorgabewert aus den Messungen an trockenem Prüfgas, unter Kontrolle der Dosierstabilität aus den Rückmeldesignalen der Dosieranlage, berechnet.

3.2.2 Ermittlung der Unsicherheit der Eignungsprüfung und der Unsicherheit des zugewiesenen Wertes

Die Standardabweichung zur Beurteilung der Eignungsprüfung bzw. des Ringversuches wird mit dem robusten Verfahren der DIN ISO 13528 Q-Methode/Hampel-Schätzer (Anhang C.5) ermittelt.

Die Berechnung der Unsicherheit des zugewiesenen Wertes aus der robusten Standardauswertung der TN-Messwerte erfolgt dann mit

$$u(x_{pt}) = 1{,}25 \cdot \frac{s^*}{\sqrt{p}}$$

$u(x_{pt})$ Unsicherheit des zugewiesenen Wertes [µg/m³]
s^* robuste Standardabweichung der TN-Werte [µg/m³]
p Anzahl der TN-Werte für den Schätzwert

Die Homogenität der Prüfgase wurde während des Ringversuches für jedes Prüfgasangebot erfasst und kontrolliert. Die maximal auftretende Inhomogenität in der Dosieranlage wurde durch umfangreiche Validierungsuntersuchungen ermittelt. Sie ist mit Sicherheit (95 %) kleiner als maximal 0,7 % des zugewiesenen Wertes. Der Beitrag zur Unsicherheit durch Inhomogenität ist in der Unsicherheit der Eignungsprüfung enthalten, da diese aus den TN-Werten robust geschätzt wird.

3.2.3 Plausibilitätsprüfung

Standardabweichungen werden auf Plausibilität geprüft. Der robuste Mittelwert wird durch Vergleich mit dem gewichteten Mittelwert der nationalen Referenzlabore verifiziert. Die Abweichung des robusten Mittelwertes vom Mittelwert der Referenzlaboratorien muss innerhalb der kombinierten erweiterten Unsicherheiten liegen. Ist dies der Fall, so wird der robuste Mittelwert als zugewiesener Wert X_{pt} verwendet.

Die robuste Standardabweichung s^* wird, wie oben bereits erwähnt, aus den TN-Werten mittels der Q-Methode berechnet. Sie ist somit abhängig von der Streuung der TN-Werte und passt sich dieser für jede Prüfung individuell an. Bei sehr geringen Streuungen der TN-Messwerte kann die robuste Standardabweichung daher unter die Anforderungen der CEN-Richtlinien an die Unsicherheiten der zu verwendenden Prüfgasgemische fallen.

Da die TN nach den jeweils gültigen CEN-Richtlinien messen, sollte die Standardabweichung der Eignungsbeurteilung nicht unterhalb dieser Anforderungen liegen.

Die Standardabweichung σ_{PG} aus den Anforderungen der CEN-Richtlinien (siehe AQUILA N37 in der Version vom 06.09.2024) an Null- und Prüfgas wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_{PG} = a \cdot X_{pt} + b$$

σ_{PG} Standardabweichung aus Anforderungen an Null- und Prüfgas der CEN-Richtlinien
a Anforderungen an das Prüfgas bei der Kalibrierung
X_{pt} zugewiesener Wert
b Anforderungen an das Nullgas

Tabelle 4: Anforderungen an Null- und Prüfgas

Komponente	**a**	**b [nmol/mol]**	**b [µg/m³] (20°C, 101,3 kPa)**
SO_2	0,022	1	2,7
CO	0,024	100	116,4
O_3	0,020	1	2,0
NO	0,024	1	1,2
NO_2	0,024	1,4	2,7
Benzol	0,057	0,128	0,4

Unterschreitet die robuste Standardabweichung s^* die Standardabweichung aus den Prüfgasanforderungen σ_{PG}, so wird als Standardabweichung der Eignungsbeurteilung σ_{pt} wie folgt berechnet:

$$\sigma_{pt} = \sqrt{u(x_{pt})^2 + \sigma_{PG}^2}$$

σ_{pt} Standardabweichung der Eignungsbeurteilung
σ_{PG} Standardabweichung aus Anforderungen an Null- und Prüfgas der CEN-Richtlinien
$u(x_{pt})$ Unsicherheit des zugewiesenen Wertes

Ist $s^* > \sigma_{PG}$, so ist die robuste Standardabweichung s^* als Standardabweichung der Eignungsbeurteilung σ_{pt} zu verwenden.

3.3 Prüfgasangebote

Die Prüfgasangebote Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid wurden robust ausgewertet. Bei Benzol gab es nur 10 TN, daher wurden die Werte aus metrologisch rückführbaren, zertifizierten Standards gewonnen.

Tabelle 5: Prüfgasangebote Bewertungsteil

Prüfgasangebot	Komponente	Einheit	X_{pt}	σ_{pt}	$u(X_{pt})$
PG1	Schwefeldioxid	µg/m³	357,90	10,82	2,30
PG2	Schwefeldioxid	µg/m³	150,80	6,10	1,00
PG3	Schwefeldioxid	µg/m³	81,20	4,51	0,50
PG4	Schwefeldioxid	µg/m³	31,60	3,42	0,40
PG5	Schwefeldioxid	µg/m³	50,80	3,85	0,50
PG1	Kohlenmonoxid	mg/m³	19,88	0,60	0,07
PG2	Kohlenmonoxid	mg/m³	10,54	0,37	0,04
PG3	Kohlenmonoxid	mg/m³	5,24	0,24	0,03
PG4	Kohlenmonoxid	mg/m³	2,29	0,17	0,01
PG5	Kohlenmonoxid	mg/m³	2,99	0,19	0,01
PG16	Benzol	µg/m³	1,14	0,48	0,13
PG17	Benzol	µg/m³	1,97	0,53	0,15
PG18	Benzol	µg/m³	5,30	0,75	0,25
PG19	Benzol	µg/m³	3,01	0,59	0,16
PG20	Benzol	µg/m³	7,89	0,92	0,36

3.4 Kenngrößen der TN-Messwerte

Aus den Messwerten der TN wurden neben Median und Standardabweichung s auch der robuste Vorgabewert X^* und die robuste Standardabweichung s^* nach DIN ISO 13528 Anhang C berechnet.

Tabelle 6: Kenngrößen der TN-Messwerte

Prüfgasangebot	Komponente	Einheit	Median	s	s rel.	X*	s*
PG16	Benzol	µg/m³	1,00	0,2	14,4%	1,1	0,2
PG17	Benzol	µg/m³	1,90	0,2	10,8%	1,8	0,2
PG18	Benzol	µg/m³	5,20	0,4	6,9%	5,0	0,3
PG19	Benzol	µg/m³	3,00	0,3	9,4%	2,8	0,3
PG20	Benzol	µg/m³	7,70	0,5	5,8%	7,6	0,6
Nullgas	Benzol	µg/m³	0,0	0,0	-	0,0	0,0
PG1	Schwefeldioxid	µg/m³	354,0	12,3	3,4%	357,9	8,9
PG2	Schwefeldioxid	µg/m³	149,8	5,2	3,5%	150,8	3,9
PG3	Schwefeldioxid	µg/m³	80,7	3,0	3,7%	81,2	2,0
PG4	Schwefeldioxid	µg/m³	31,5	1,5	4,9%	31,6	1,5
PG5	Schwefeldioxid	µg/m³	50,6	1,9	3,7%	50,8	1,8
Nullgas	Schwefeldioxid	µg/m³	0,3	0,9	-	0,2	0,5
PG1	Kohlenmonoxid	mg/m³	19,90	0,4	1,8%	19,88	0,25
PG2	Kohlenmonoxid	mg/m³	10,54	0,2	1,9%	10,54	0,13
PG3	Kohlenmonoxid	mg/m³	5,25	0,1	2,2%	5,24	0,10
PG4	Kohlenmonoxid	mg/m³	2,28	0,1	2,5%	2,29	0,04
PG5	Kohlenmonoxid	mg/m³	3,00	0,1	2,4%	2,99	0,05
Nullgas	Kohlenmonoxid	mg/m³	0,01	0,1	-	0,00	0,02

3.5 z-score-Auswertung Schwefeldioxid

Tabelle 7: z-score-Auswertung Schwefeldioxid

TN	PG 1	z-score	PG 2	z-score	PG 3	z-score	PG 4	z-score	PG 5	z-score
	µg/m³		µg/m³		µg/m³		µg/m³		µg/m³	
TN02	357,7	0,0	151,3	0,1	81,9	0,1	32,5	0,3	51,5	0,2
TN03	353,5	-0,4	148,6	-0,3	80,1	-0,3	31,2	-0,1	50,4	-0,1
TN05	368,8	1,0	156,9	1,0	85,8	1,0	34,4	0,8	54,0	0,8
TN06	352,7	-0,5	148,7	-0,3	80,3	-0,2	31,6	0,0	50,6	0,0
TN07	373,7	1,5	157,5	1,1	85,1	0,9	33,5	0,6	53,6	0,7
TN08	353,2	-0,4	148,3	-0,4	80,1	-0,2	31,4	-0,1	50,4	-0,1
TN10	368,4	1,0	155,1	0,7	83,6	0,5	32,4	0,2	52,3	0,4
TN11	353,5	-0,4	148,9	-0,3	80,5	-0,2	31,5	0,0	50,5	-0,1
TN12	354,0	-0,4	149,8	-0,2	80,9	-0,1	31,9	0,1	50,6	0,0
TN13	367,2	0,9	153,4	0,4	81,7	0,1	30,7	-0,3	50,9	0,0
TN14	316,3	-3,8	133,8	-2,8	72,4	-1,9	29,0	-0,8	46,1	-1,2
TN15	348,2	-0,9	147,0	-0,6	79,1	-0,5	30,9	-0,2	49,6	-0,3
TN16	342,4	-1,4	143,3	-1,2	76,9	-1,0	29,6	-0,6	48,0	-0,7
TN19	357,6	0,0	150,4	-0,1	81,3	0,0	32,1	0,2	51,2	0,1
TN21	352,8	-0,5	148,2	-0,4	79,9	-0,3	31,4	-0,1	50,0	-0,2
TN22	370,0	1,1	153,4	0,4	80,7	-0,1	29,2	-0,7	48,7	-0,5
TN26	359,9	0,2	154,5	0,6	85,5	1,0	34,8	0,9	52,8	0,5
TN29	355,9	-0,2	150,0	-0,1	80,9	-0,1	31,7	0,0	50,9	0,0
TN32	357,6	0,0	151,0	0,0	82,0	0,2	32,6	0,3	51,7	0,3
TN34	352,8	-0,5	147,9	-0,5	79,9	-0,3	31,1	-0,1	50,1	-0,2
TN35	353,6	-0,4	149,7	-0,2	79,8	-0,3	29,5	-0,6	49,2	-0,4
TN41	376,1	1,7	158,7	1,3	85,8	1,0	33,7	0,6	54,1	0,9
TN42	349,4	-0,8	146,5	-0,7	79,0	-0,5	30,6	-0,3	49,5	-0,3
X_{PT}	357,9		150,8		81,2		31,6		50,8	
σ_{pt}	8,9		3,9		2,0		1,5		1,8	
N	23		23		23		23		23	

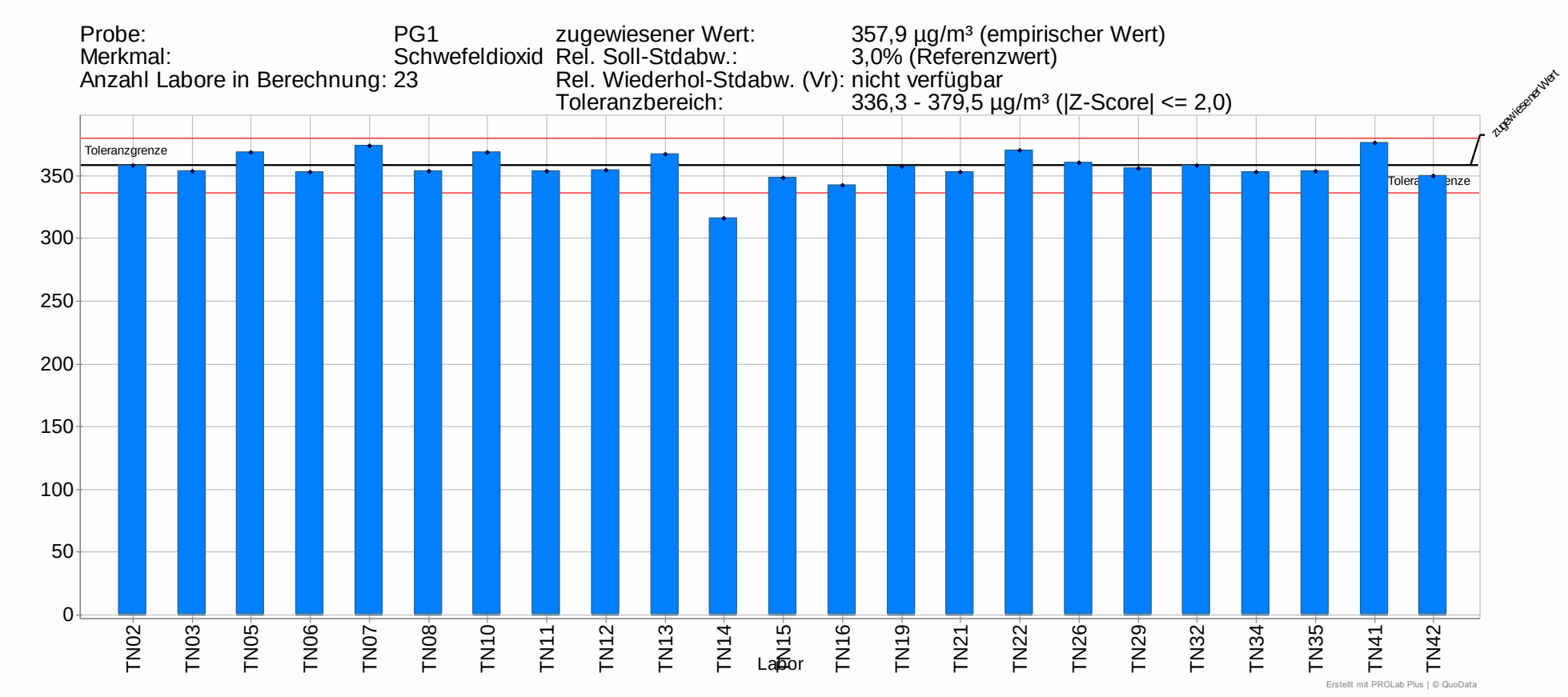


Abbildung 1: Prüfgasangebot PG 1 – Komponente Schwefeldioxid

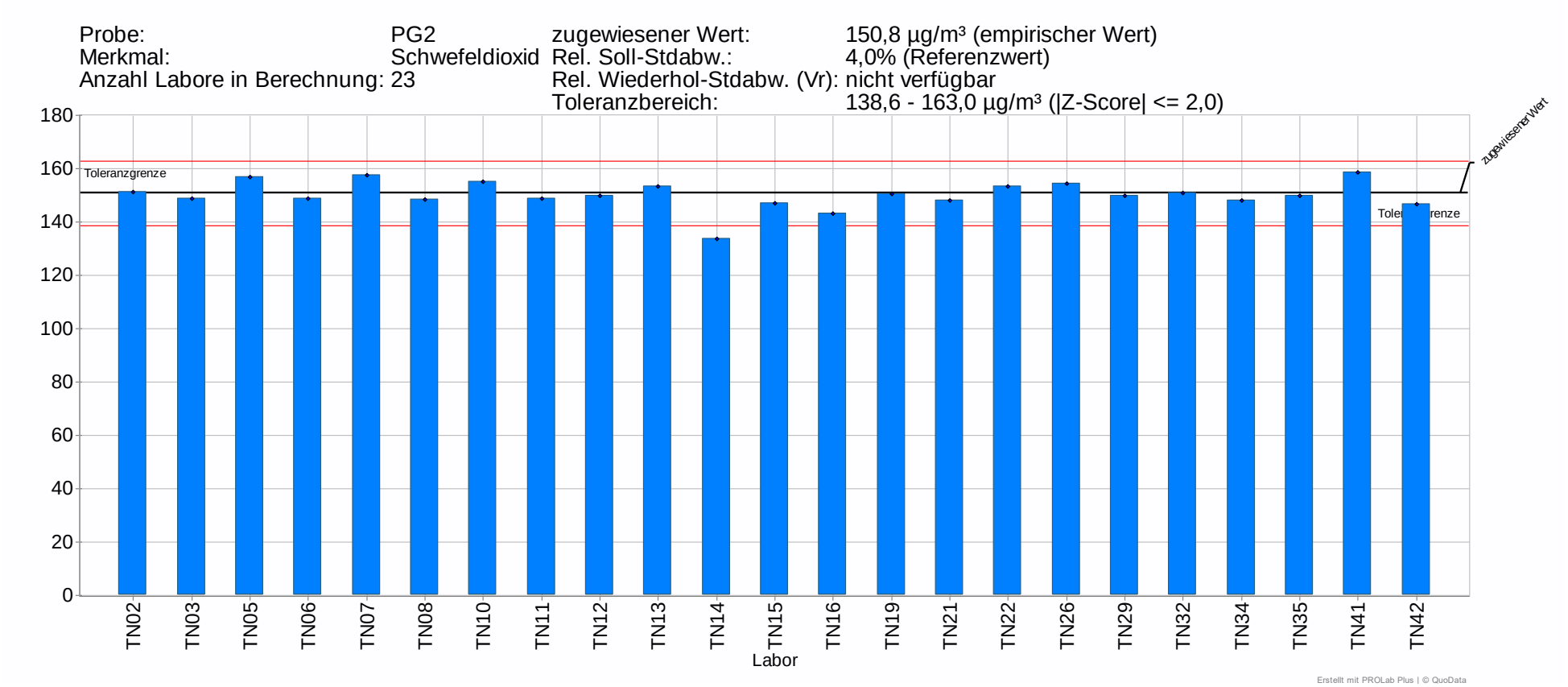


Abbildung 2: Prüfgasangebot PG 2 – Komponente Schwefeldioxid

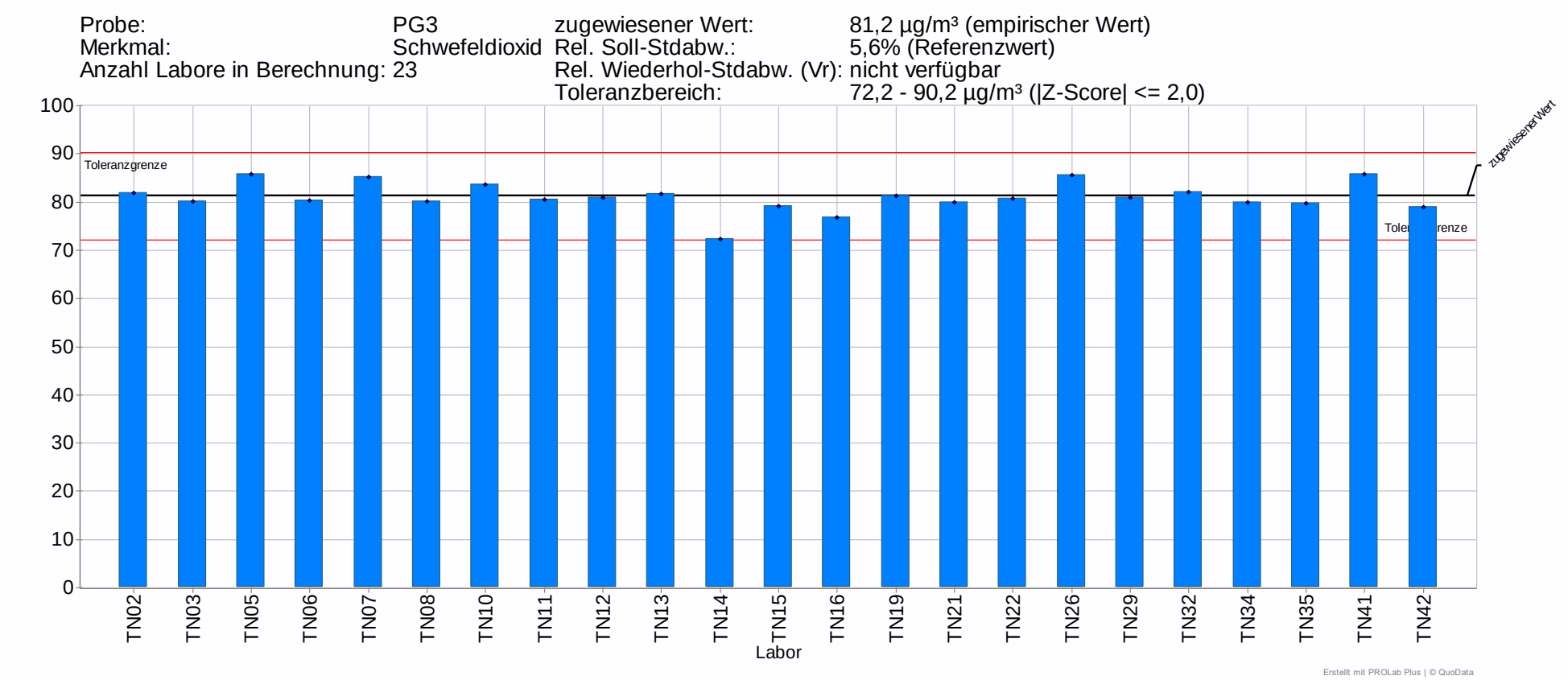


Abbildung 3: Prüfgasangebot PG 3 – Komponente Schwefeldioxid

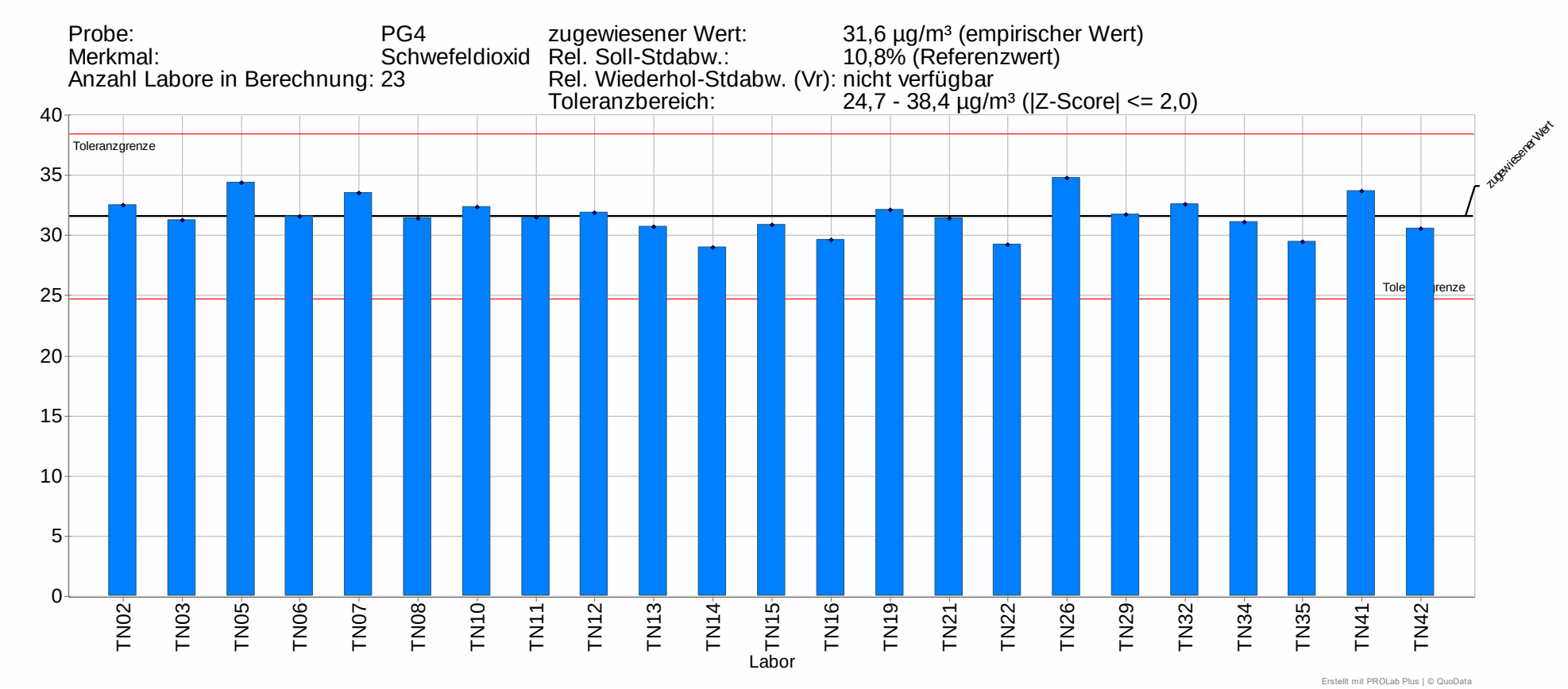


Abbildung 4: Prüfgasangebot PG 4 – Komponente Schwefeldioxid

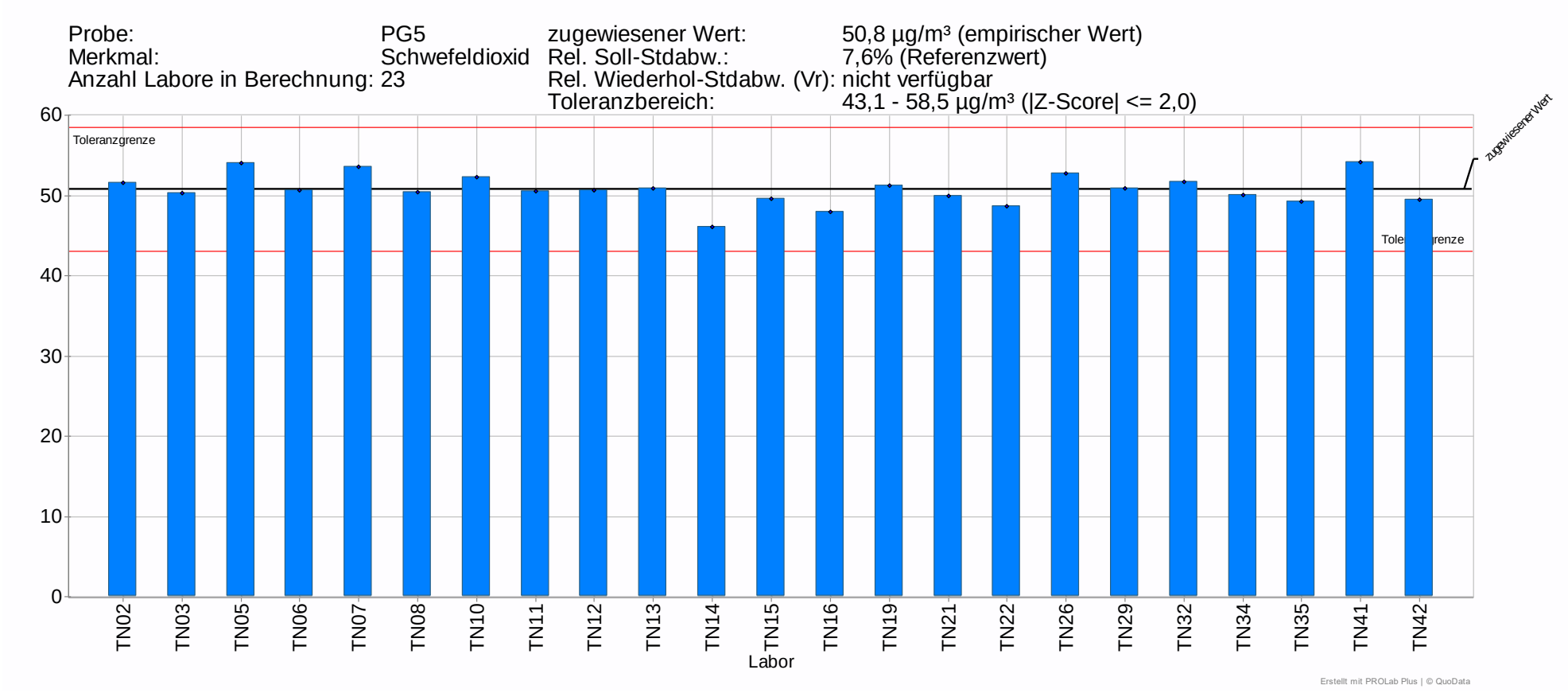


Abbildung 5: Prüfgasangebot PG 5 – Komponente Schwefeldioxid

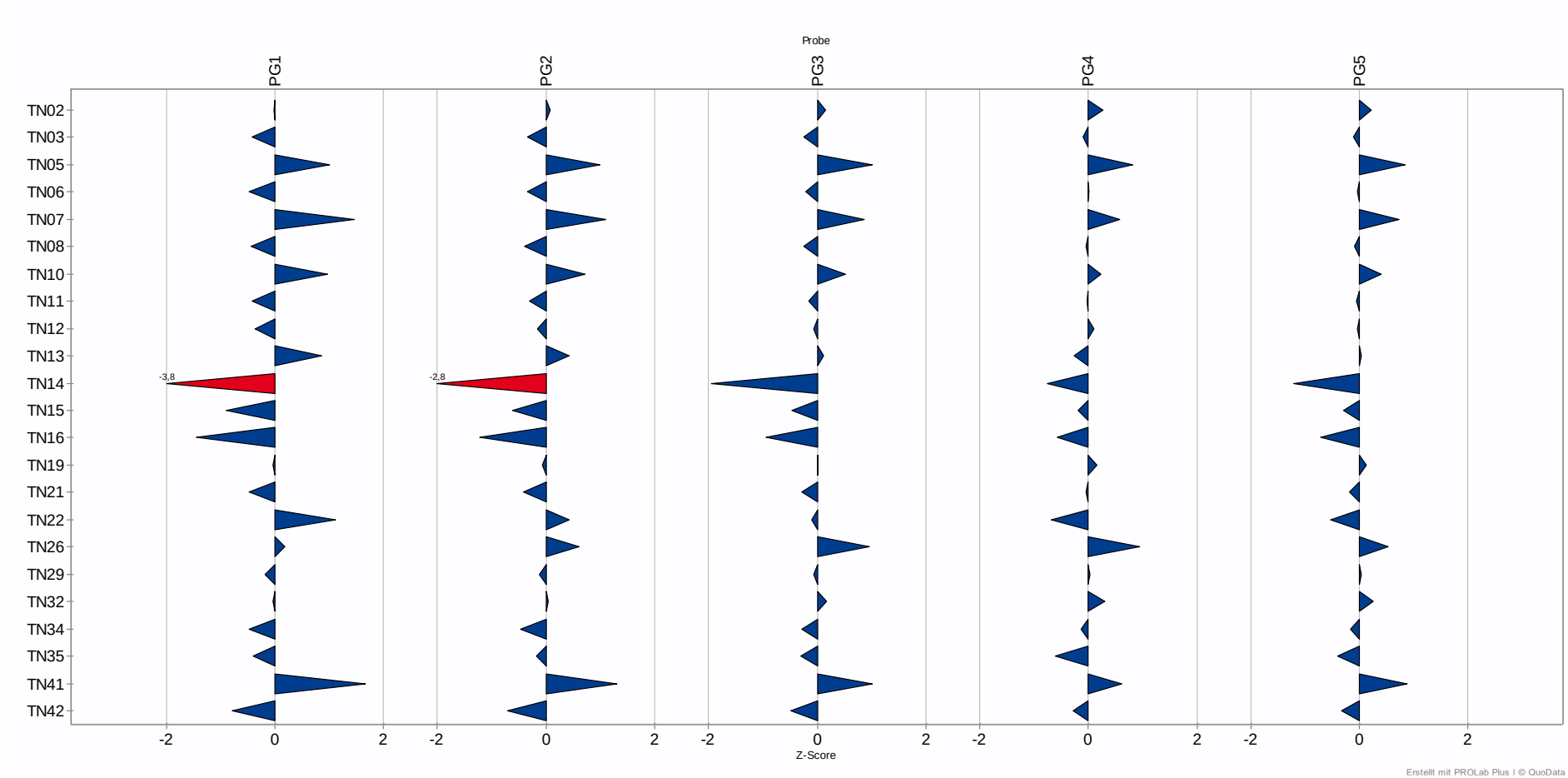


Abbildung 6: z-score Übersicht Schwefeldioxid

3.6 z-score-Auswertung Kohlenmonoxid

Tabelle 8: z-score-Auswertung Kohlenmonoxid

TN	PG 1 mg/m³	z-score	PG 2 mg/m³	z-score	PG 3 mg/m³	z-score	PG 4 mg/m³	z-score	PG 5 mg/m³	z-score
TN01	19,73	-0,2	10,46	-0,2	5,20	-0,2	2,27	-0,1	2,97	-0,1
TN02	19,99	0,2	10,62	0,2	5,30	0,3	2,30	0,1	3,02	0,1
TN03	19,63	-0,4	10,40	-0,4	5,18	-0,2	2,26	-0,2	2,96	-0,2
TN05	19,90	0,0	10,54	0,0	5,24	0,0	2,28	-0,1	3,00	0,0
TN07	20,11	0,4	10,65	0,3	5,36	0,5	2,40	0,7	3,15	0,8
TN10	18,78	-1,8	9,94	-1,6	4,95	-1,2	2,16	-0,8	2,84	-0,8
TN12	19,90	0,0	10,60	0,2	5,30	0,3	2,30	0,1	3,00	0,0
TN13	19,85	0,0	10,53	0,0	5,29	0,2	2,31	0,1	3,02	0,1
TN15	19,50	-0,6	10,30	-0,6	5,10	-0,6	2,30	0,1	2,90	-0,5
TN16	20,06	0,3	10,62	0,2	5,28	0,2	2,30	0,1	3,02	0,1
TN21	20,06	0,3	10,61	0,2	5,28	0,2	2,31	0,1	3,02	0,1
TN22	18,87	-1,7	9,96	-1,6	4,95	-1,2	2,16	-0,8	2,83	-0,8
TN23	19,64	-0,4	10,40	-0,4	5,17	-0,3	2,25	-0,2	2,96	-0,2
TN26	20,18	0,5	10,62	0,2	5,25	0,1	2,28	-0,1	2,99	0,0
TN29	19,81	-0,1	10,49	-0,1	5,22	-0,1	2,27	-0,1	2,98	-0,1
TN32	20,05	0,3	10,63	0,3	5,33	0,4	2,32	0,2	3,05	0,3
TN34	19,98	0,2	10,57	0,1	5,25	0,1	2,28	-0,1	3,00	0,0
TN35	20,00	0,2	10,70	0,4	5,40	0,7	2,40	0,7	3,10	0,6
TN36	19,68	-0,3	10,41	-0,3	5,18	-0,2	2,27	-0,1	2,97	-0,1
TN41	19,71	-0,3	10,42	-0,3	5,19	-0,2	2,27	-0,1	2,98	-0,1
TN42	20,00	0,2	10,59	0,1	5,28	0,2	2,31	0,1	3,02	0,1
X_{PT}	19,88		10,54		5,24		2,29		2,99	
σ_{pt}	0,25		0,13		0,10		0,04		0,05	
N	21		21		21		21		21	

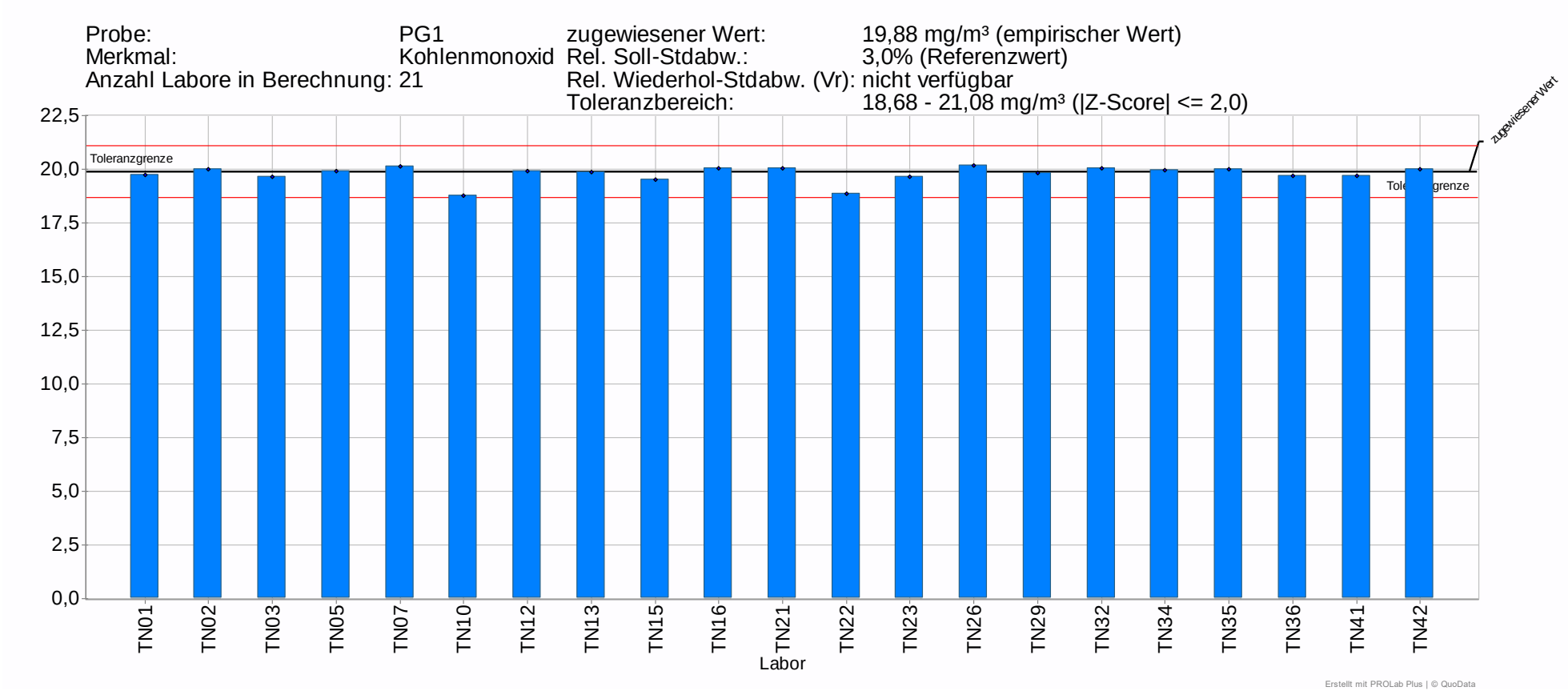


Abbildung 7: Prüfgasangebot PG 1 – Komponente Kohlenmonoxid

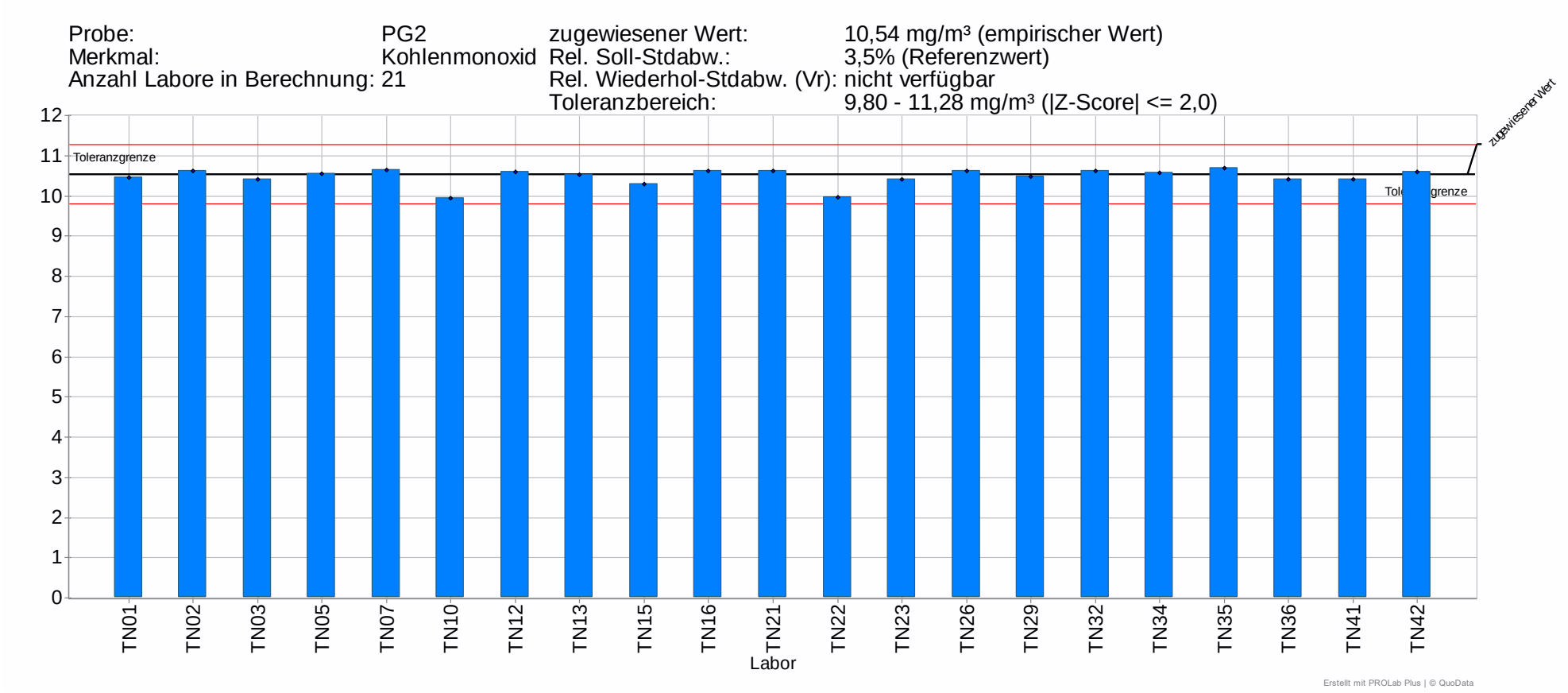


Abbildung 8: Prüfgasangebot PG 2 – Komponente Kohlenmonoxid

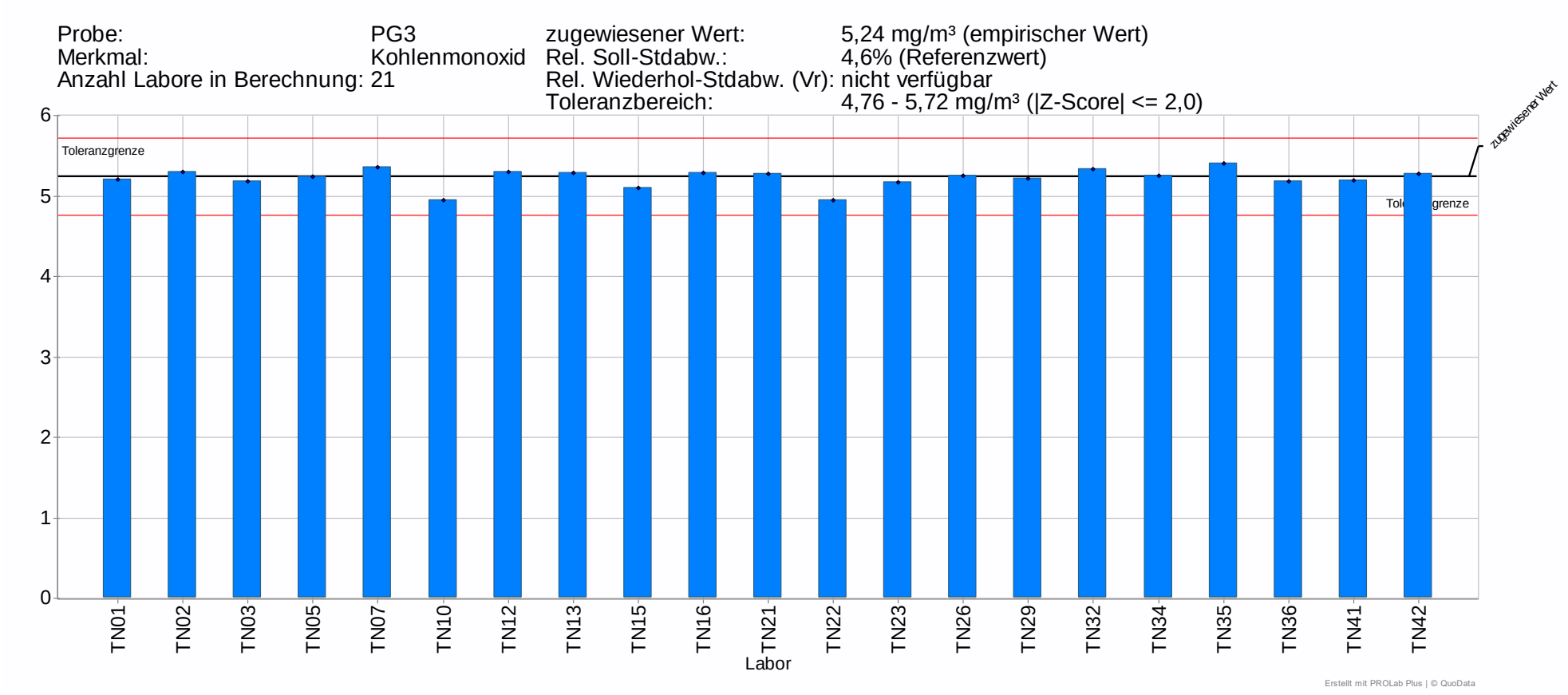


Abbildung 9: Prüfgasangebot PG 3 – Komponente Kohlenmonoxid

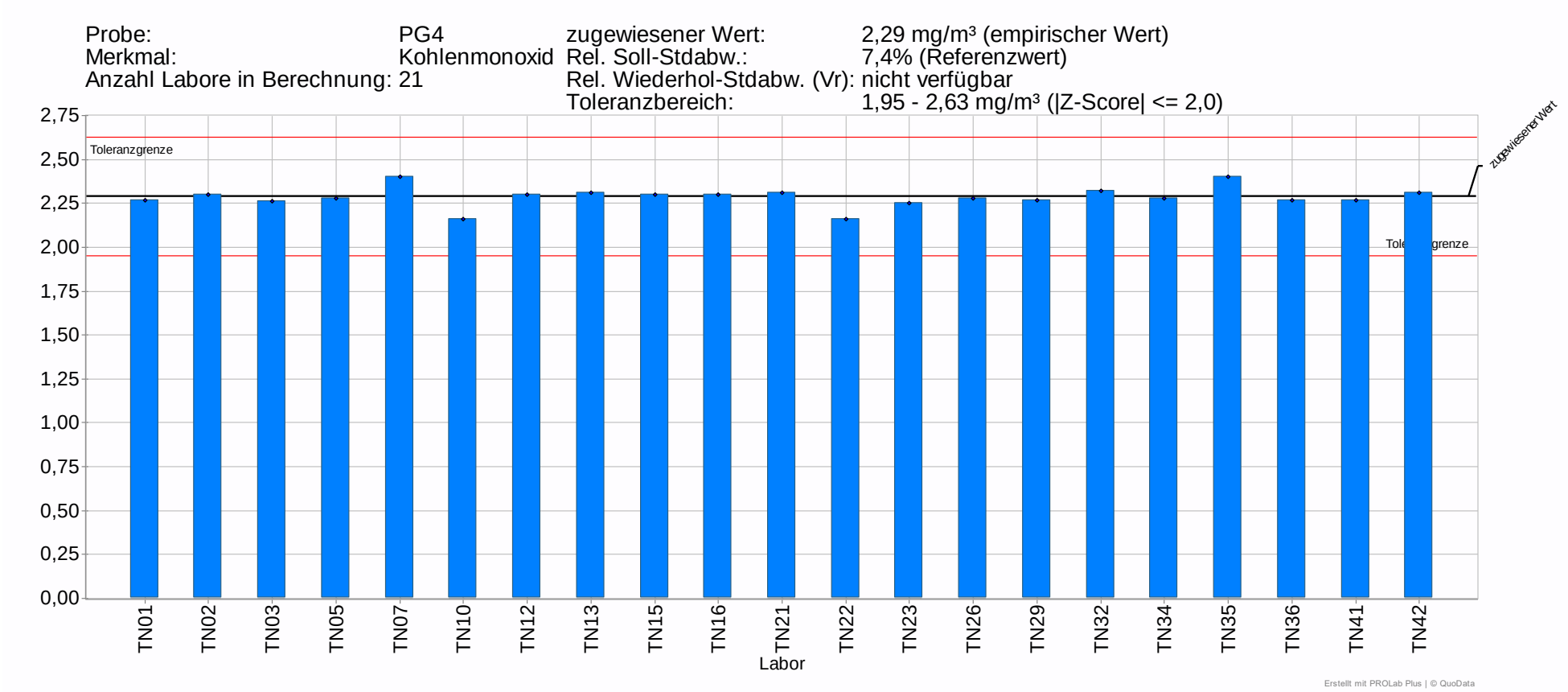


Abbildung 10: Prüfgasangebot PG 4 – Komponente Kohlenmonoxid

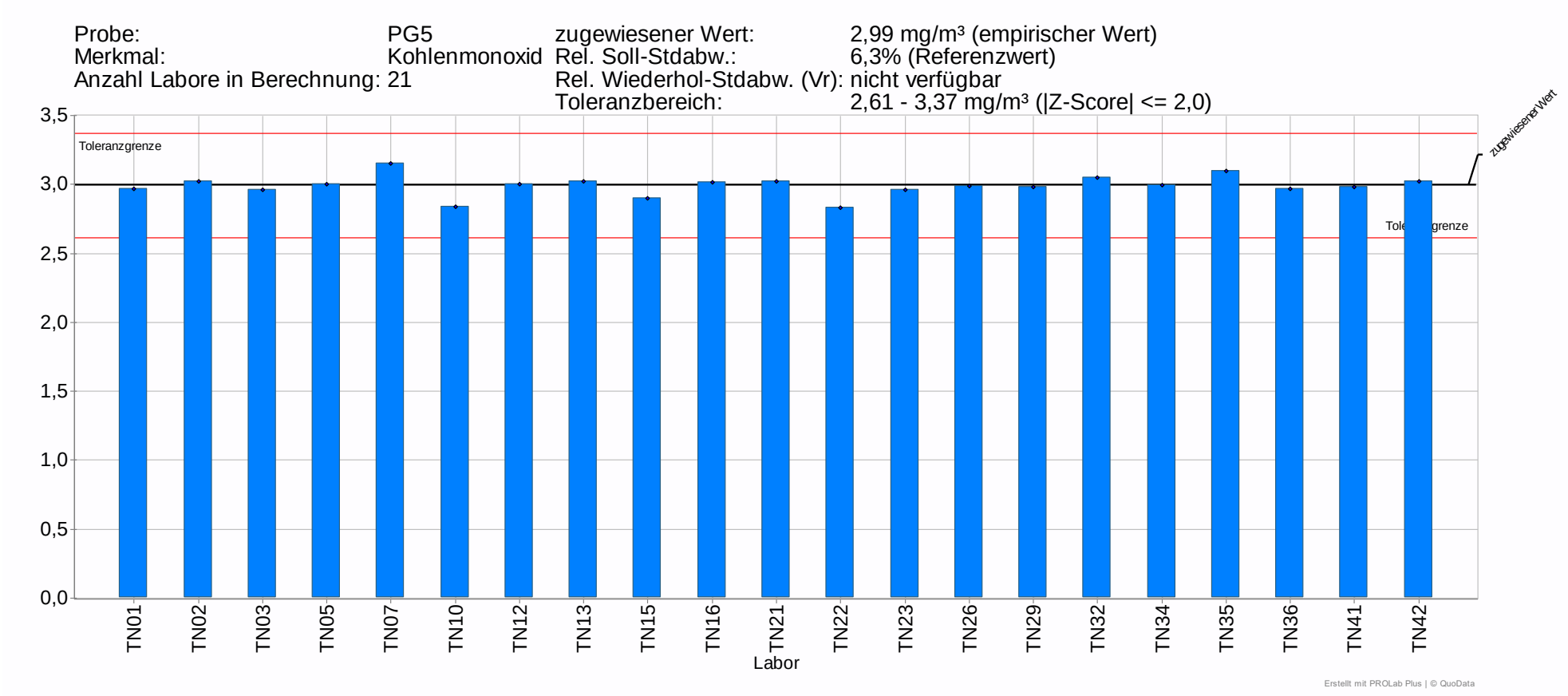


Abbildung 11: Prüfgasangebot PG 5 – Komponente Kohlenmonoxid

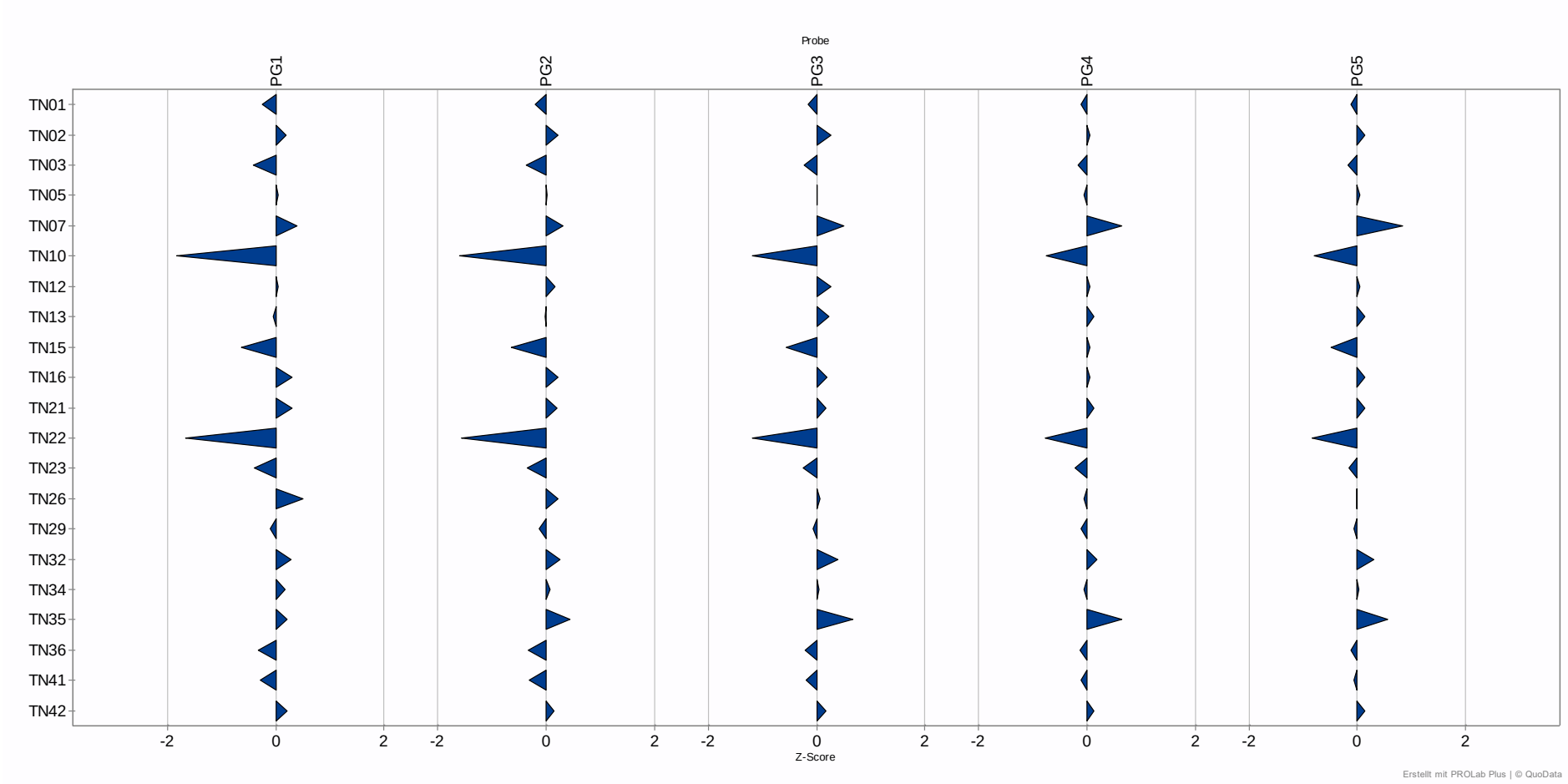


Abbildung 12: z-score Übersicht Kohlenmonoxid

3.7 z-score-Auswertung Benzol

Tabelle 9: z-score Auswertung Benzol

TN	PG 16	z-score	PG 17	z-score	PG 18	z-score	PG 19	z-score	PG 20	z-score
	µg/m³		µg/m³		µg/m³		µg/m³		µg/m³	
TN09	0,9	-0,6	1,6	-0,8	4,5	-1,1	2,6	-0,8	7,3	-0,6
TN20	1,0	-0,2	1,9	-0,1	5,4	0,1	3,0	0,0	8,2	0,3
TN24	1,0	-0,3	1,9	-0,1	5,2	-0,1	3,0	0,0	7,7	-0,2
TN25	1,0	-0,3	1,8	-0,4	4,9	-0,5	2,8	-0,3	7,3	-0,6
TN30	1,1	-0,1	2,0	0,1	5,3	0,0	3,1	0,2	7,9	0,0
TN31	0,8	-0,8	1,5	-0,9	4,5	-1,1	2,5	-0,8	6,8	-1,2
TN37	1,2	0,1	2,0	0,1	5,4	0,1	3,2	0,3	8,0	0,1
TN40	1,0	-0,2	1,9	-0,1	5,2	-0,1	3,0	0,0	7,9	0,0
TN43	1,0	-0,2	1,9	-0,2	5,2	-0,2				
TN44	0,6	-1,1	1,4	-1,1	4,6	-1,0	2,4	-1,1	7,2	-0,8
X_{PT}	1,1		2,0		5,3		3,0		7,9	
σ_{pt}	0,2		0,2		0,3		0,3		0,6	
N	10		10		10		9		9	

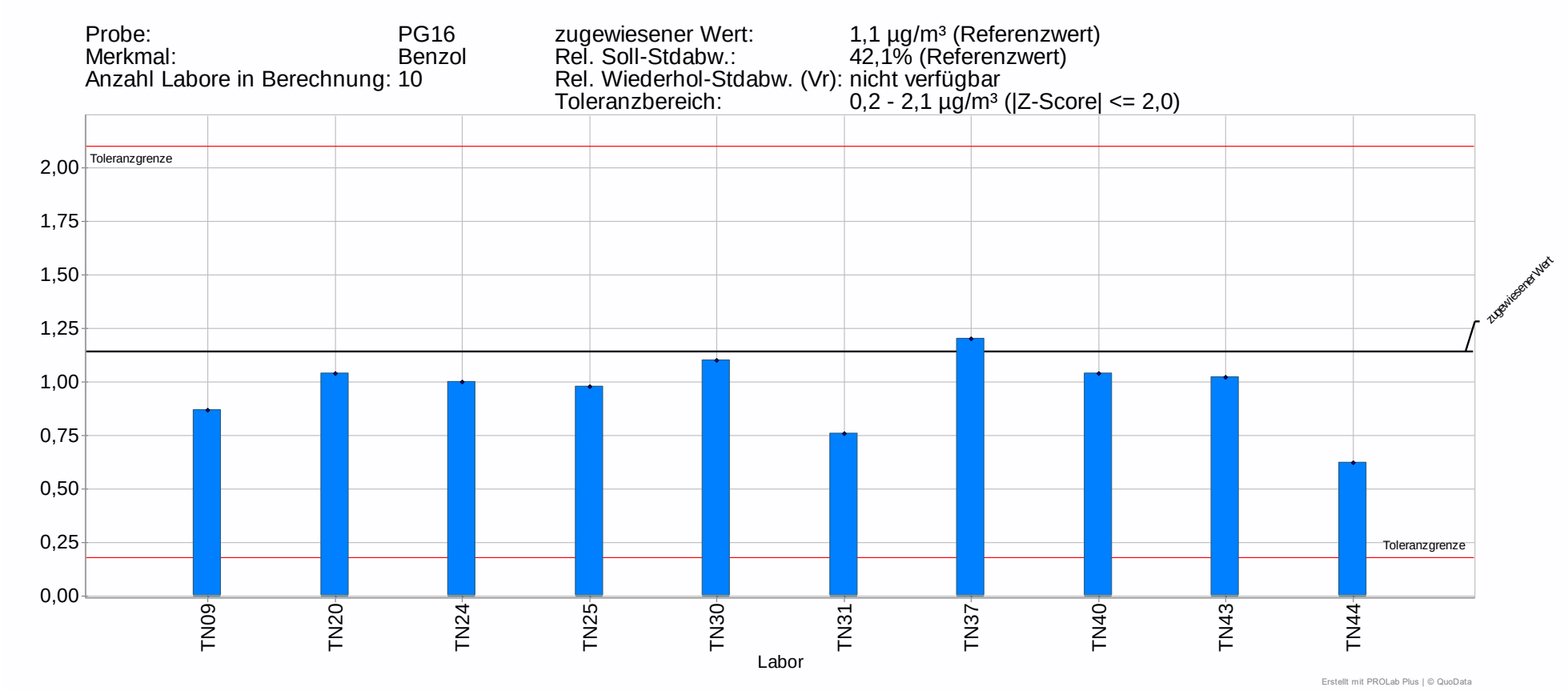


Abbildung 13: Prüfgasangebot PG 16 – Komponente Benzol

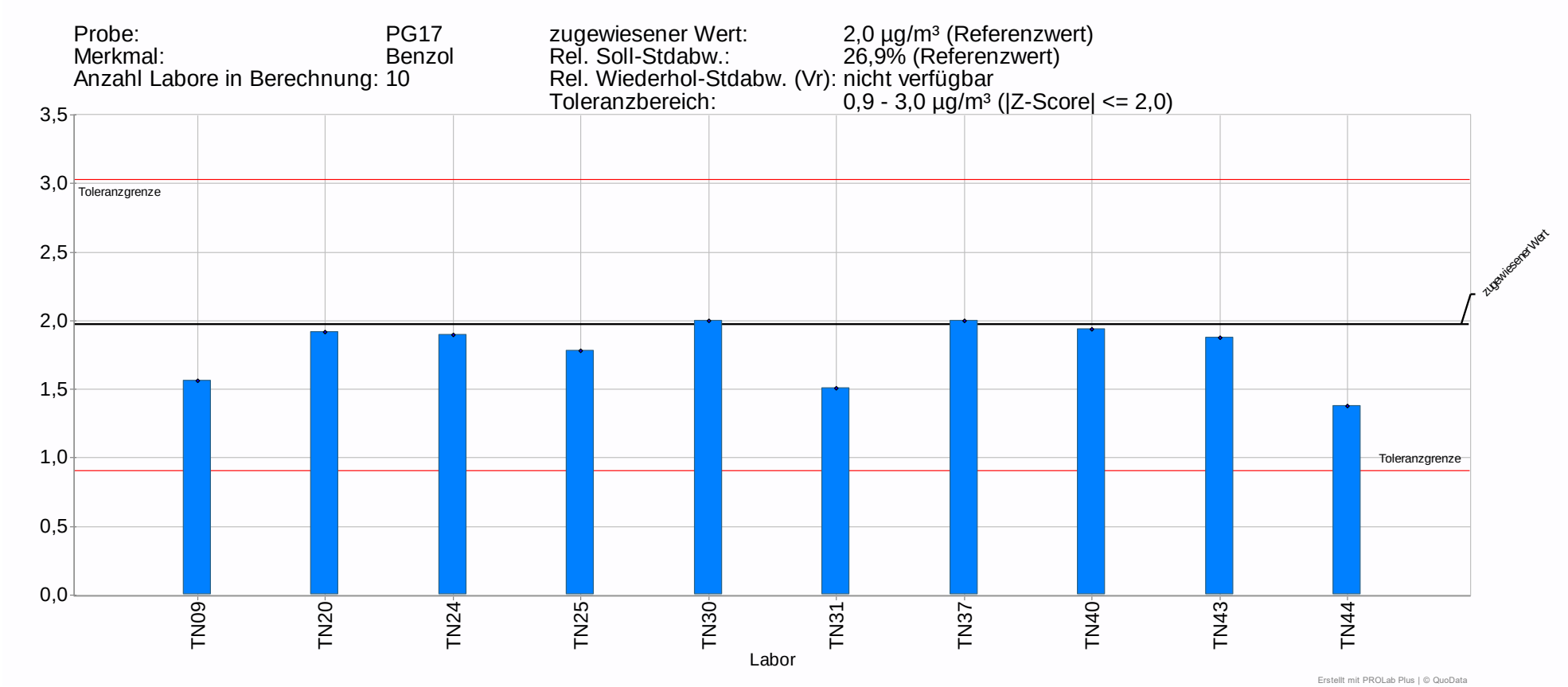


Abbildung 14: Prüfgasangebot PG 17 – Komponente Benzol

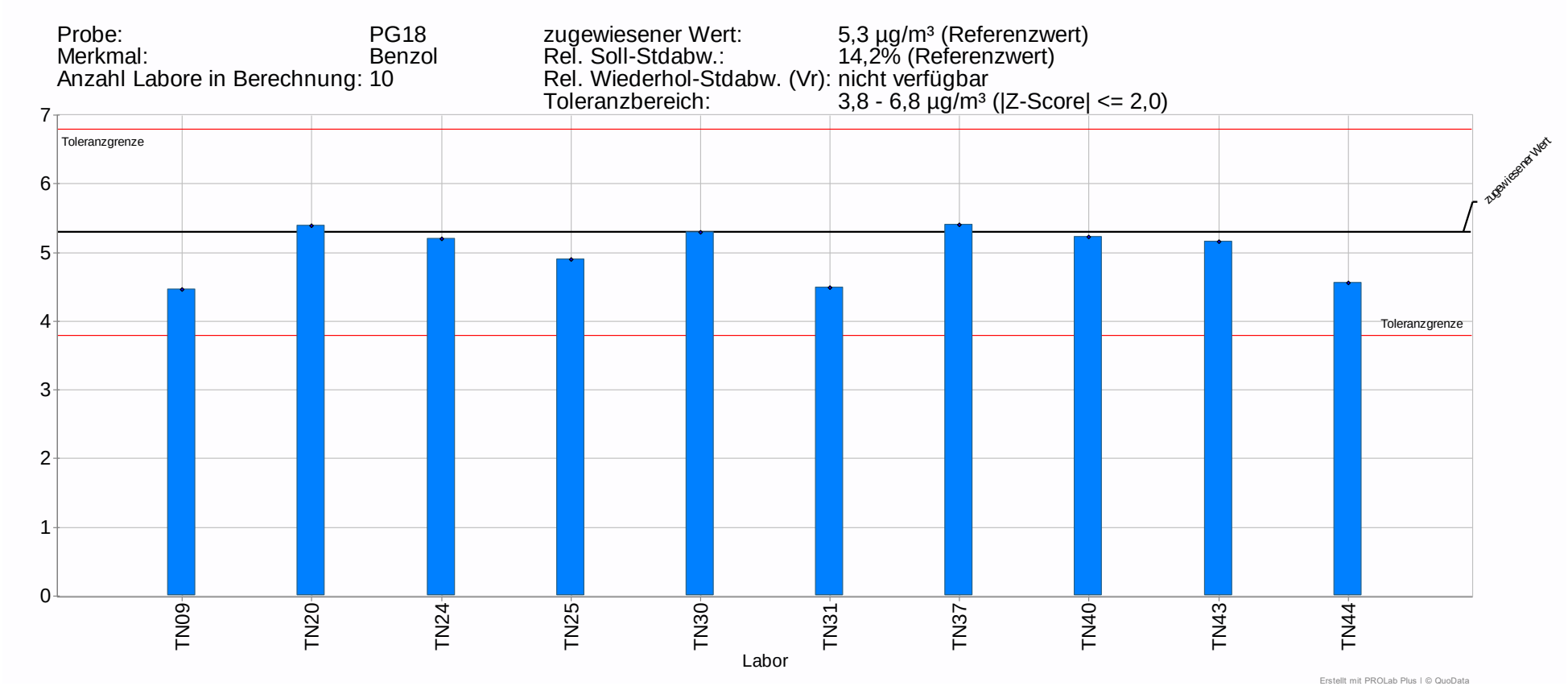


Abbildung 15: Prüfgasangebot PG 18 – Komponente Benzol

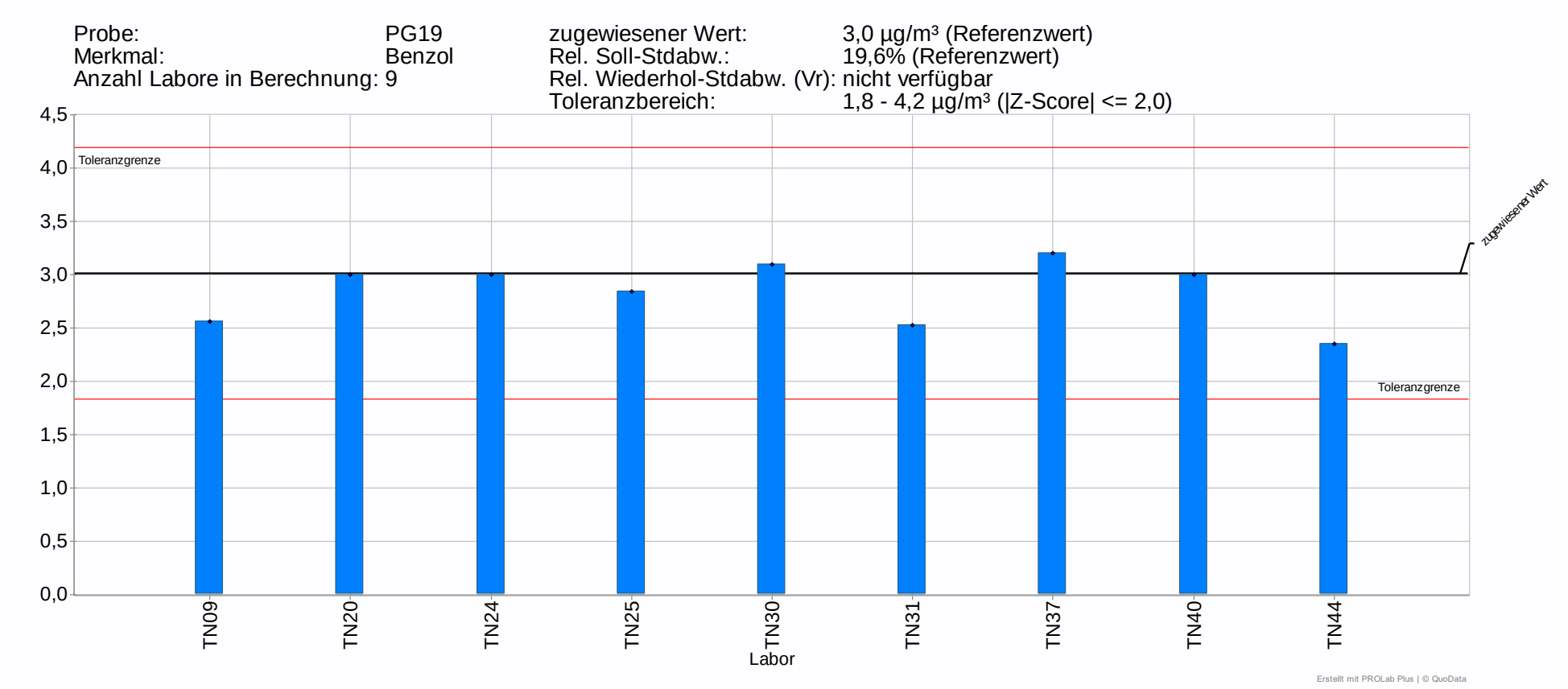


Abbildung 16: Prüfgasangebot PG 19 – Komponente Benzol

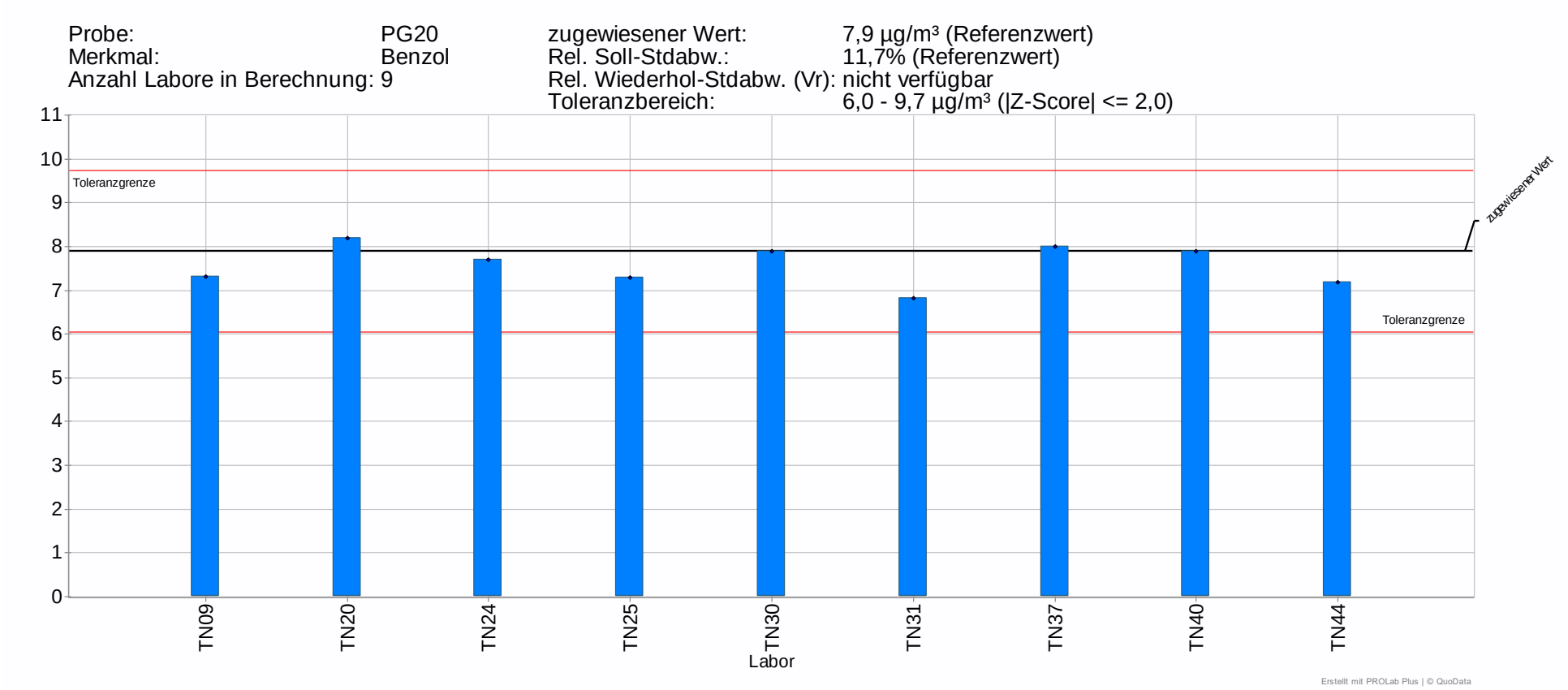


Abbildung 17: Prüfgasangebot PG 20 – Komponente Benzol

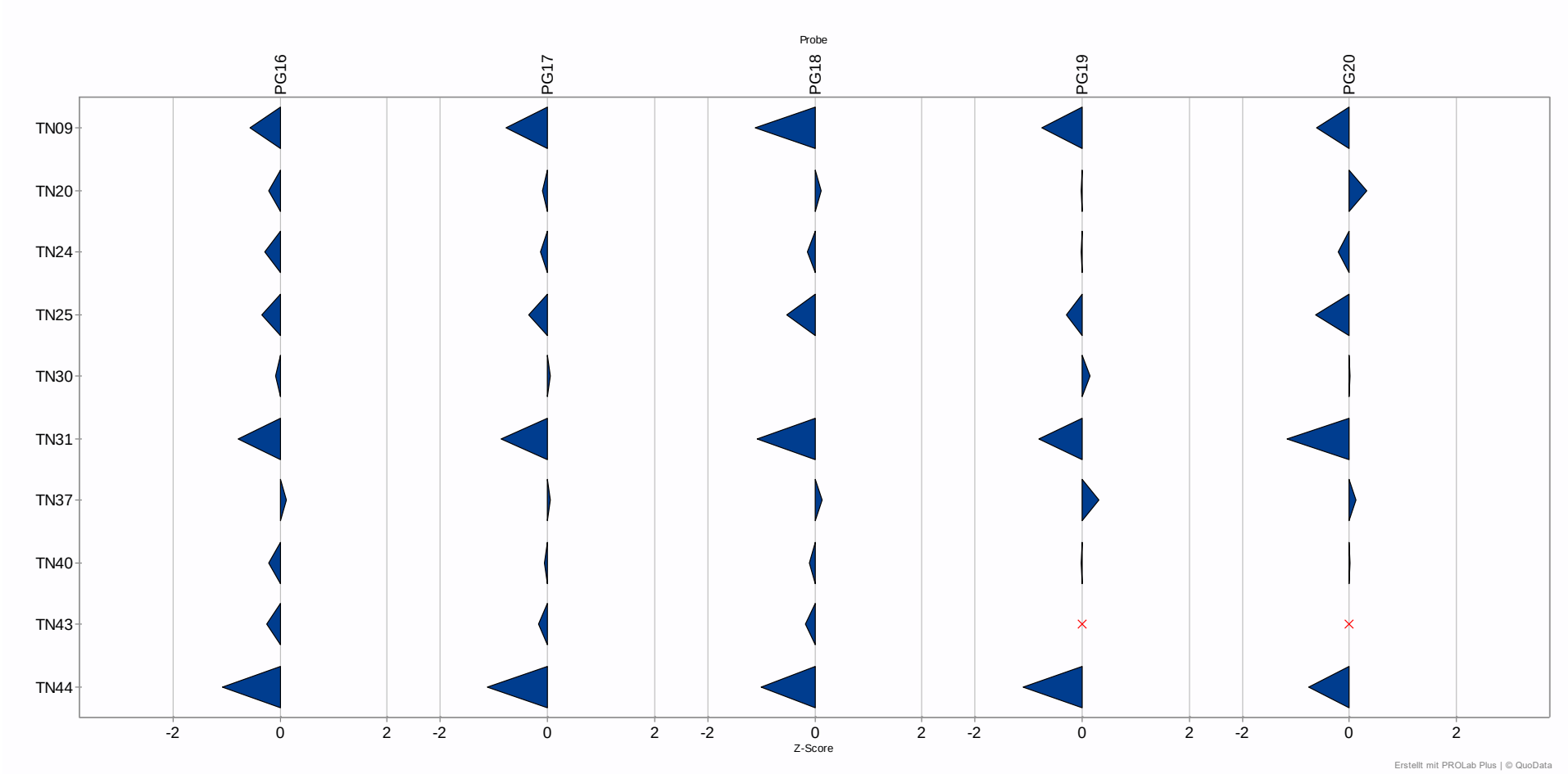


Abbildung 18: z-score Übersicht Benzol

4 Ergänzende Prüfgasangebote und Auswertungen

4.1 Messunsicherheiten der TN – E_n-Zahlen

Zusätzlich zu den Messergebnissen der Angebote des Bewertungsteils wurden die Messunsicherheiten der TN erfasst und, wo sie vorlagen, ausgewertet. Die Ermittlung der Messunsicherheit und die Angabe der erweiterten Messunsicherheit zu jedem Messergebnis ist Bestandteil der europäischen Richtlinien zur Bestimmung der anorganischen Gase. Daher wird zusätzlich zum z-score für die Beurteilung des Messwertes dessen Unsicherheit herangezogen und hierzu die sog. E_n-Zahl berechnet:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_x^2 + U_{ref}^2}}$$

x Konzentration des TN

X zugewiesener Wert (Sollwert)

U_x erweiterte Unsicherheit des TN-Wertes

U_{ref} erweiterte Unsicherheit des Vorgabewertes (Sollwert)

Da zur Berechnung der E_n-Zahl erweiterte Unsicherheiten verwendet werden, ist hier die Grenze von 1 für kritische Werte üblich.

4.2 E_n-Zahlen Schwefeldioxid

Tabelle 10: E_n-Zahlen und Standardunsicherheiten für die SO_2-Bewertungsangebote

Prüfgas	PG 1		PG 2		PG 3		PG 4		PG 5	
TN	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]
TN02	0,0	11,6	0,0	5,1	0,1	3,0	0,2	1,9	0,2	2,3
TN03	-0,1	30,1	-0,1	14,4	-0,1	9,9	0,0	7,6	0,0	8,4
TN05	0,8	6,3	1,1	2,7	1,4	1,5	1,8	0,7	1,5	1,0
TN06	-0,2	10,4	-0,2	4,4	-0,2	2,4	0,0	1,1	0,0	1,6
TN07	1,0	7,5	1,0	3,1	1,1	1,7	1,3	0,7	1,2	1,1
TN08	-0,1	16,0	-0,2	7,5	-0,1	5,2	0,0	4,0	0,0	4,3
TN10	1,0	4,7	0,8	2,6	0,6	1,8	0,3	1,3	0,5	1,5
TN11	-0,1	16,0	-0,1	7,5	-0,1	5,2	0,0	4,0	0,0	4,3
TN12	-0,2	12,7	-0,1	5,4	0,0	2,9	0,1	1,2	0,0	1,8
TN13	0,2	19,5	0,2	8,1	0,1	4,3	-0,3	1,6	0,0	2,7
TN14	-1,2	16,9	-1,2	7,2	-1,1	3,9	-0,8	1,6	-0,9	2,5
TN15	-0,3	17,8	-0,2	7,7	-0,2	4,3	-0,2	2,2	-0,2	3,0
TN16	-0,5	15,5	-0,5	7,2	-0,5	4,7	-0,3	3,5	-0,4	3,9
TN19	0,0	30,4	0,0	14,5	0,0	9,9	0,0	7,7	0,0	8,4
TN21	-0,3	7,1	-0,4	3,0	-0,4	1,6	-0,1	0,6	-0,3	1,0
TN22	1,2	4,7	0,5	2,5	-0,1	1,8	-0,9	1,3	-0,7	1,5
TN26	0,1	17,6	0,2	7,6	0,5	4,3	0,8	1,9	0,4	2,7
TN29	-0,2	4,2	-0,2	2,3	-0,1	1,8	0,0	1,6	0,0	1,7
TN32	0,0	10,4	0,0	4,6	0,1	2,9	0,3	2,0	0,2	2,3
TN34	-0,6	3,6	-0,7	1,7	-0,5	1,1	-0,3	0,9	-0,3	0,9
TN35	-0,3	7,0	-0,2	3,2	-0,3	2,0	-0,8	1,2	-0,5	1,5
TN41	1,3	6,4	1,3	2,8	1,4	1,5	1,3	0,7	1,5	1,0
TN42	-0,4	10,5	-0,5	4,4	-0,4	2,4	-0,4	1,1	-0,4	1,6

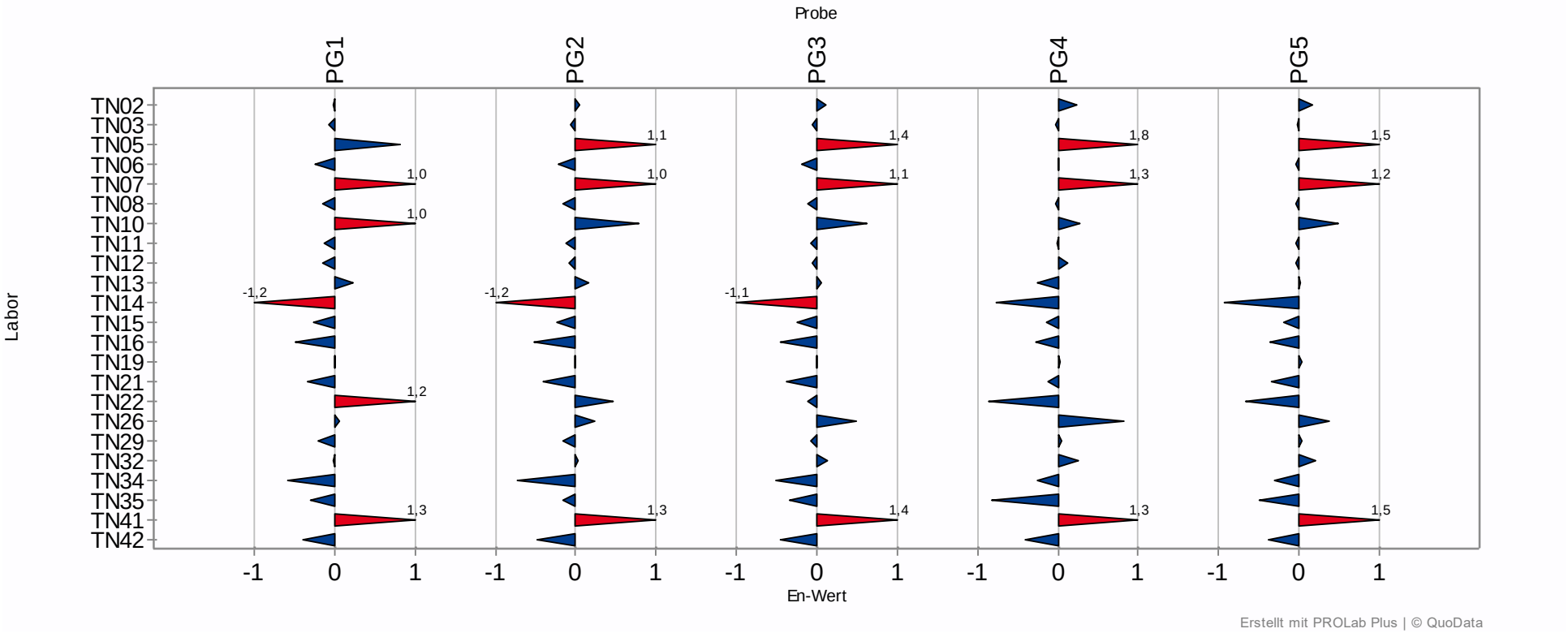


Abbildung 19: E_n-Zahlen Schwefeldioxid

4.3 E_n-Zahlen Kohlenmonoxid

Tabelle 11: E_n-Zahlen und Standardunsicherheiten für die CO-Bewertungsangebote

Prüfgas	PG 1		PG 2		PG 3		PG 4		PG 5	
TN	E_n	u(x) mg/m³	E_n	u(x) mg/m³	E_n	u(x) mg/m³	E_n	u(x) mg/m³	E_n	u(x) mg/m³
TN01	-0,2	0,3	-0,2	0,2	-0,2	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,1
TN02	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0
TN03	-0,1	1,7	-0,1	1,1	0,0	0,8	0,0	0,7	0,0	0,8
TN05	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,0
TN07	0,2	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,6	0,1	0,8	0,1
TN10	-2,6	0,2	-2,8	0,1	-2,5	0,1	-2,9	0,0	-2,3	0,0
TN12	0,0	0,3	0,2	0,2	1,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1
TN13	0,0	2,4	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0	0,3	0,0	0,4
TN15	-0,2	0,8	-0,3	0,4	-0,3	0,2	0,1	0,1	-0,5	0,1
TN16	0,1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1
TN21	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
TN22	-4,3	0,1	-6,0	0,0	-4,2	0,0	-3,0	0,0	-3,2	0,0
TN23	-0,5	0,3	-0,5	0,1	-0,4	0,1	-0,4	0,1	-0,3	0,1
TN26	0,2	1,0	0,1	0,5	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,2
TN29	-0,2	0,2	-0,2	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,1
TN32	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
TN34	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0
TN35	0,1	0,6	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
TN36	-0,4	0,3	-0,4	0,1	-0,3	0,1	-0,2	0,1	-0,2	0,1
TN41	-0,3	0,2	-0,4	0,1	-0,3	0,1	-0,3	0,0	-0,1	0,0
TN42	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1

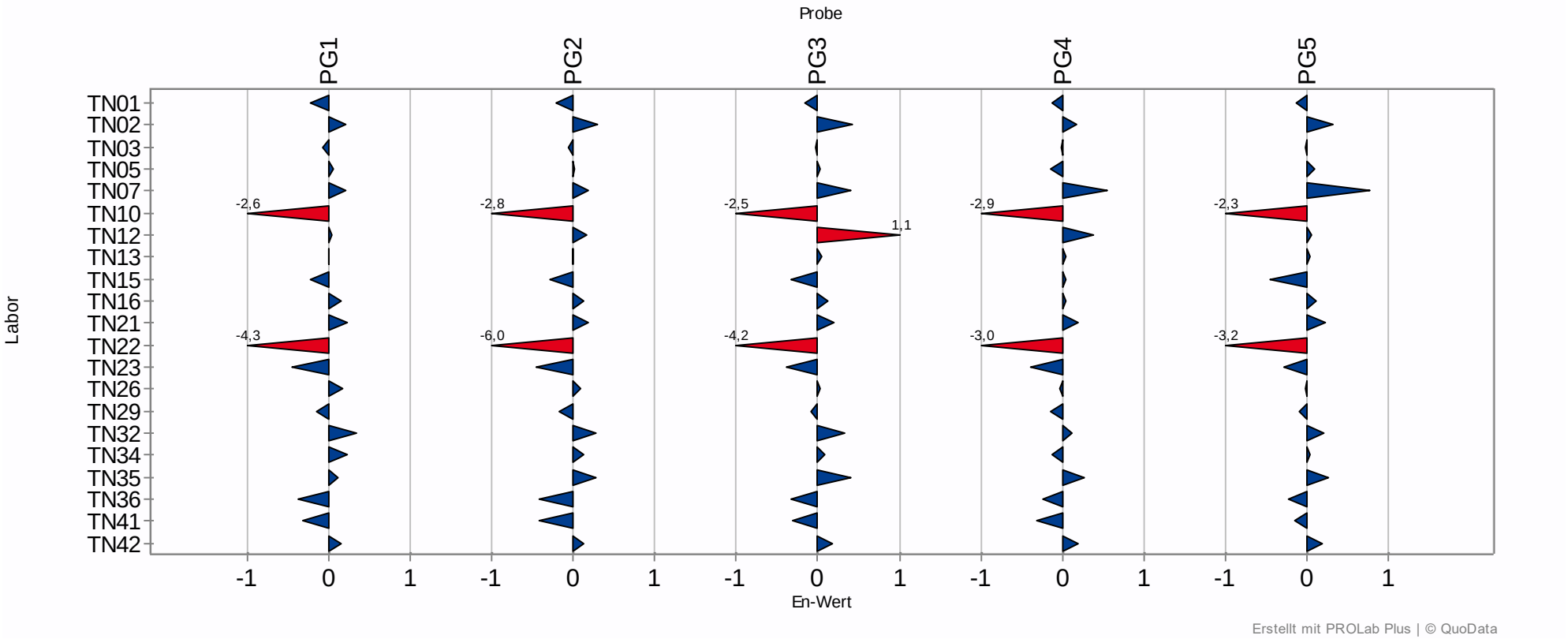


Abbildung 20: E_n-Zahlen Kohlenmonoxid

4.4 E_n-Zahlen Benzol

Tabelle 12: E_n-Zahlen und Standardunsicherheiten für die Benzol-Bewertungsangebote

Prüfgas	PG 16		PG 17		PG 18		PG 19		PG 20	
TN	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]	E_n	u(x) [µg/m³]
TN09	-0,6	0,2	-0,5	0,4	-0,4	1,1	-0,3	0,6	-0,2	1,8
TN20	-0,5	0,1	-0,2	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,4	0,3
TN24	-0,4	0,1	-0,2	0,1	-0,2	0,2	0,0	0,1	-0,2	0,3
TN25	-0,9	0,1	-0,9	0,1	-1,0	0,2	-0,5	0,1	-0,9	0,2
TN30	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,3
TN31	-2,6	0,0	-2,1	0,1	-1,6	0,2	-1,3	0,1	-1,3	0,3
TN37	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,4
TN40	-0,4	0,1	-0,1	0,2	-0,1	0,5	0,0	0,3	0,0	0,7
TN43	-0,4	0,1	-0,5	0,1	-0,4	0,1				
TN44	-3,5	0,0	-2,7	0,1	-1,3	0,3	-1,7	0,1	-0,7	0,4

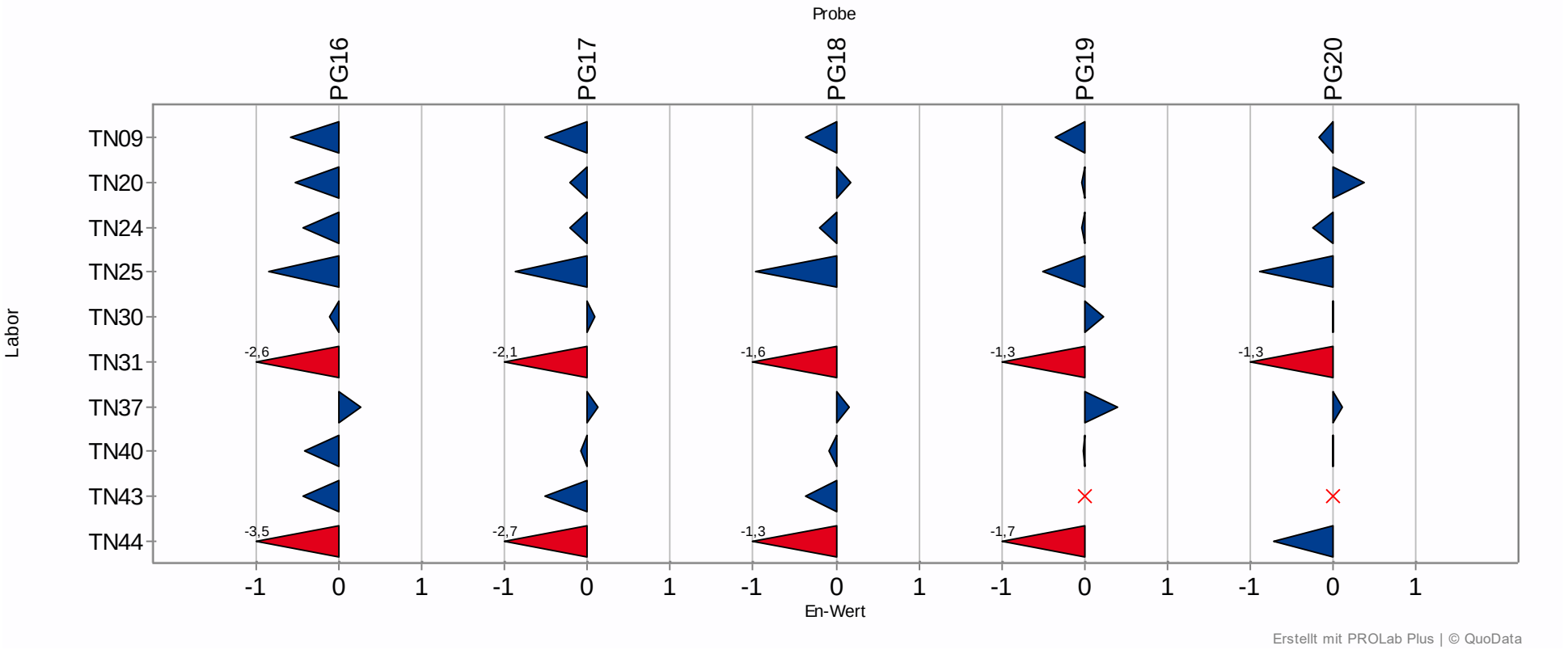


Abbildung 21: E_n-Zahlen Benzol

4.5 Querempfindlichkeiten

Zur Ermittlung der Querempfindlichkeiten im Bereich der Außenluftkonzentration wurden für die Komponente Benzol eine Konzentration von 5 µg/m³ und für Schwefeldioxid von 30 µg/m³ und 100 µg/m³ gewählt. Die Prüfgase, ohne den Zusatz von Störkomponenten, wurden jeweils vor und nach den Angeboten der Störkomponenten mit gleicher Konzentration dosiert (sog. Bracketing). Somit konnte die konstante Dosierung gezeigt werden. Die Konzentrationen vor und nach den Angeboten zur Ermittlung der Querempfindlichkeit wurden zur Berechnung der Querempfindlichkeit zusammengefasst.

Für die Komponente Schwefeldioxid wurde die Querempfindlichkeit auf Wasserdampf (PG 7 bis PG 9) und Stickstoffmonoxid (PG 11 bis PG 13) bei einer Schwefeldioxidkonzentration von 30 µg/m³ und 100 µg/m³ untersucht. Die Messwerte der Prüfgasangebote PG 4 und PG 14 wurden zur Probe P003 und die Angebote PG 6 und PG 10 zur Probe P004 zusammengefasst. Nachfolgende Abbildung 22 bis Abbildung 35 zeigen jeweils die gemessenen Konzentrationen des Querempfindlichkeitsangebotes (siehe 1.2 Zeitplan) und die Differenzen zum störkomponentenfreien Prüfgasangebot. Die Angebote wurden robust ausgewertet und enthalten zusätzlich zu den Messwerten die Referenzwerte des störkomponentenfreien Prüfgases. Bei den Differenzen handelt es sich um die Differenz des Messwertes des jeweiligen TN zum Messwert des störkomponentenfreien Prüfgasangebotes.

Es zeigt sich, dass die Differenzen bei Schwefeldioxid sowohl bei der Konzentration 30 µg/m³ als auch bei 100 µg/m³ bei höherer Störkomponente NO (500 nmol/mol) deutlicher/größer ausfallen. Bei der niedrigeren Stoffmengenkonzentrationen der Störkomponente NO (50 nmol/mol) ist die Auswirkung eher gering.

TN 22 setzt einen Analysator mit WS-CRDS-Technologie (wellenlängengescannte Ring-Down-Laserspektroskopie) als Analysemethode ein. Die Querempfindlichkeiten bei Schwefeldioxid liegen hier deutlich höher im Vergleich zu den restlichen Analysemethoden.

Bei der Komponente Benzol wurde analog vorgegangen. Die Prüfgasangebote PG 18 und PG 24 wurden zur Probe P005 zusammengefasst. Nachfolgende Abbildung 36 bis Abbildung 40 zeigen jeweils die gemessenen Konzentrationen des Querempfindlichkeitsangebotes (siehe 1.2 Zeitplan) und die Differenzen zum störkomponentenfreien Prüfgasangebot. Bei den Differenzen handelt es sich um die Differenz des Messwertes des jeweiligen TN zum Messwert des störkomponentenfreien Prüfgasangebotes. Die Störkomponente Ozon (180 µg/m³) wirkt sich, mit Ausnahme eines TN, nur marginal auf die Benzolwerte aus.

4.5.1 Schwefeldioxid

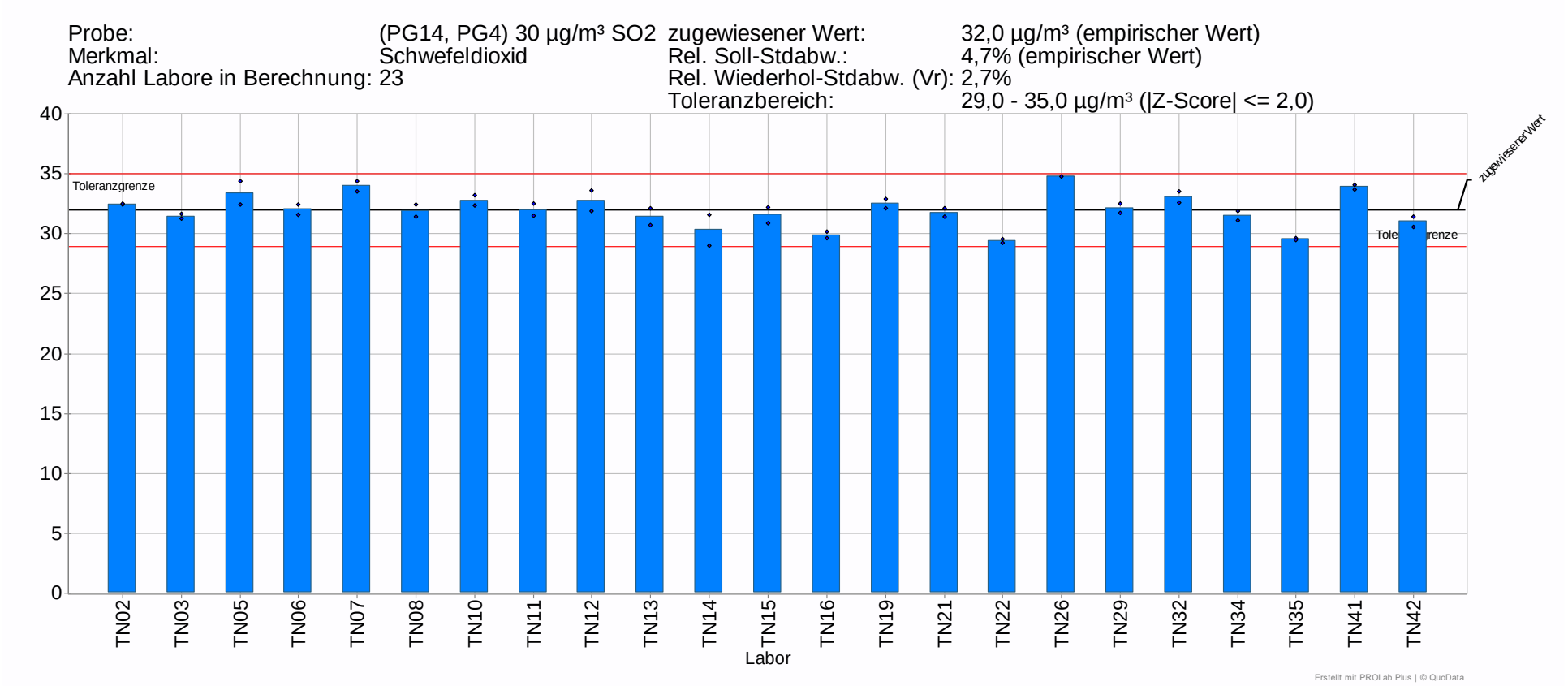


Abbildung 22: Probe P003: Ermittlung des Vorgabewertes aus den Konzentrationen der Prüfgasangebote PG 4 und PG 14 - ca. 30 µg/m³ Schwefeldioxid

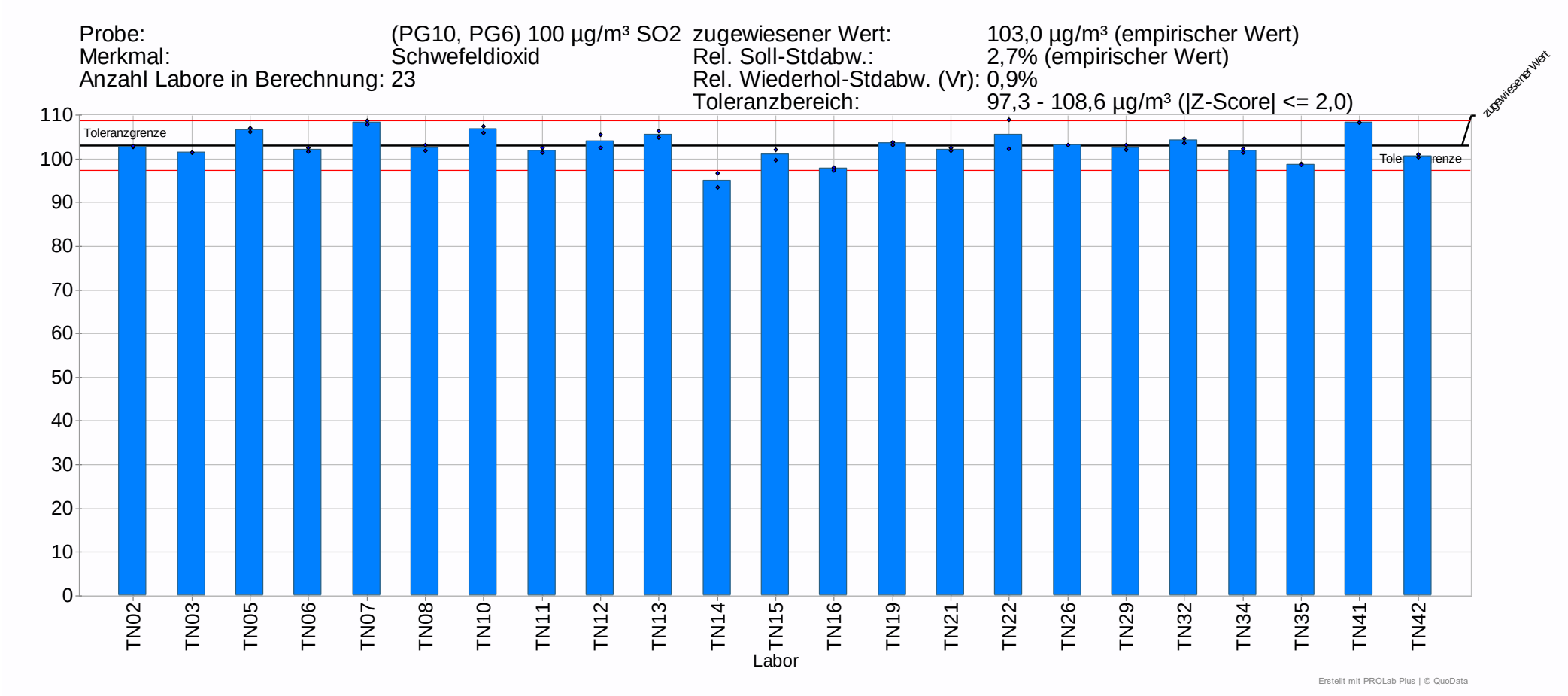


Abbildung 23: Probe P004: Ermittlung des Vorgabewertes aus den Konzentrationen der Prüfgasangebote PG 6 und PG 10 - ca. 100 µg/m³ Schwefeldioxid

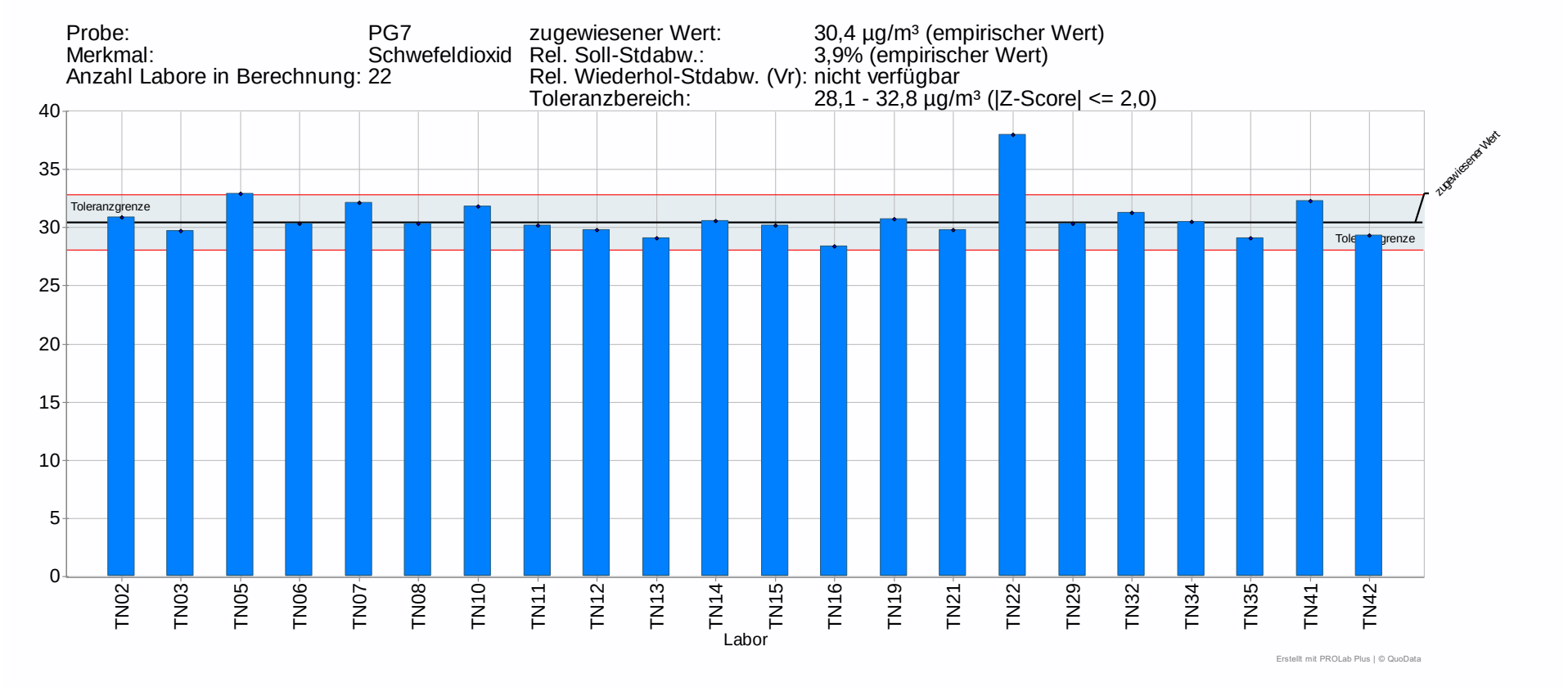


Abbildung 24: Prüfgasangebot PG 7: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung (SO_2 ca. 30 µg/m³) gegenüber Wasserdampf 4 mmol/mol H_2O (ca. 15 % rel. Feuchte)

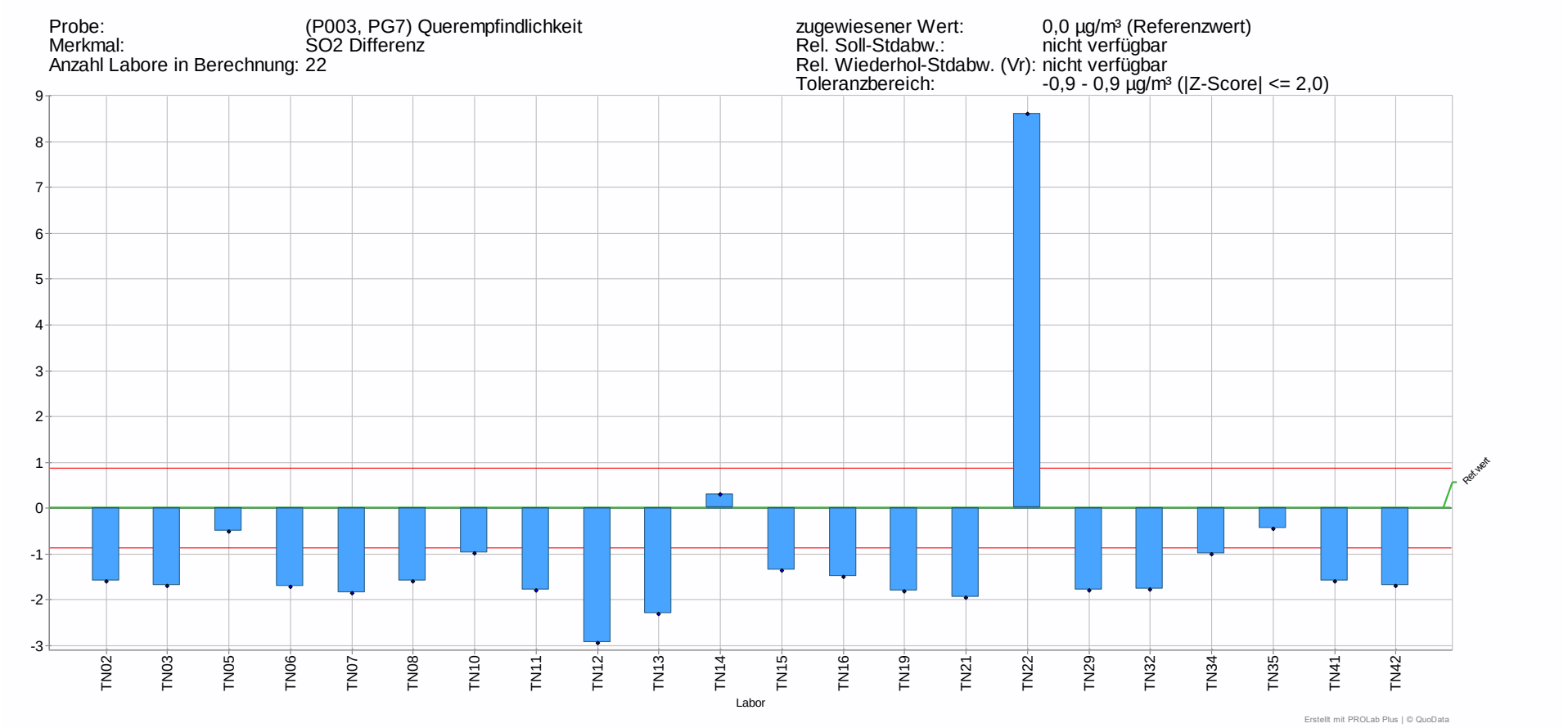


Abbildung 25: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 7 der Schwefeldioxid-Messung (SO_2 ca. 30 µg/m³) gegenüber Wasserdampf 4 mmol/mol H_2O (ca. 15 % rel. Feuchte)

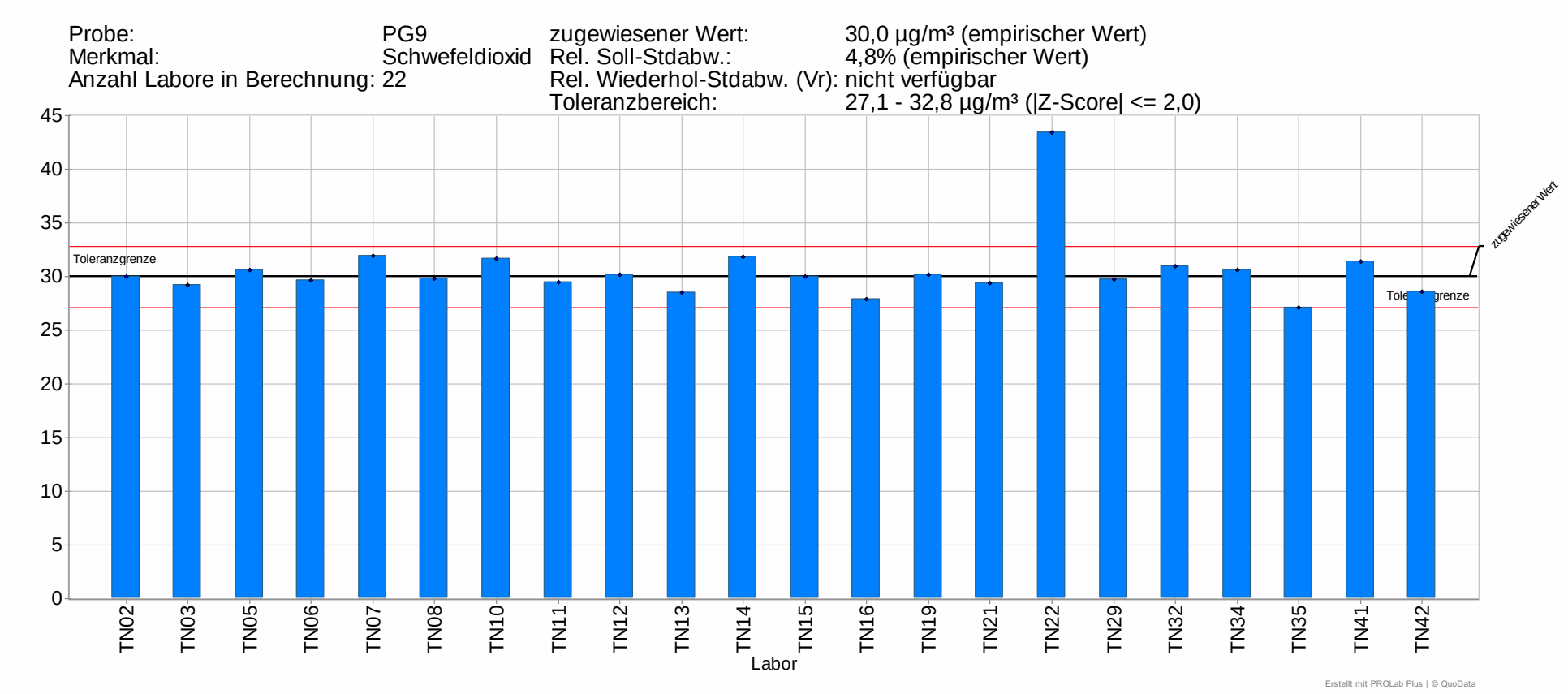


Abbildung 26: Prüfgasangebot PG 9: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)

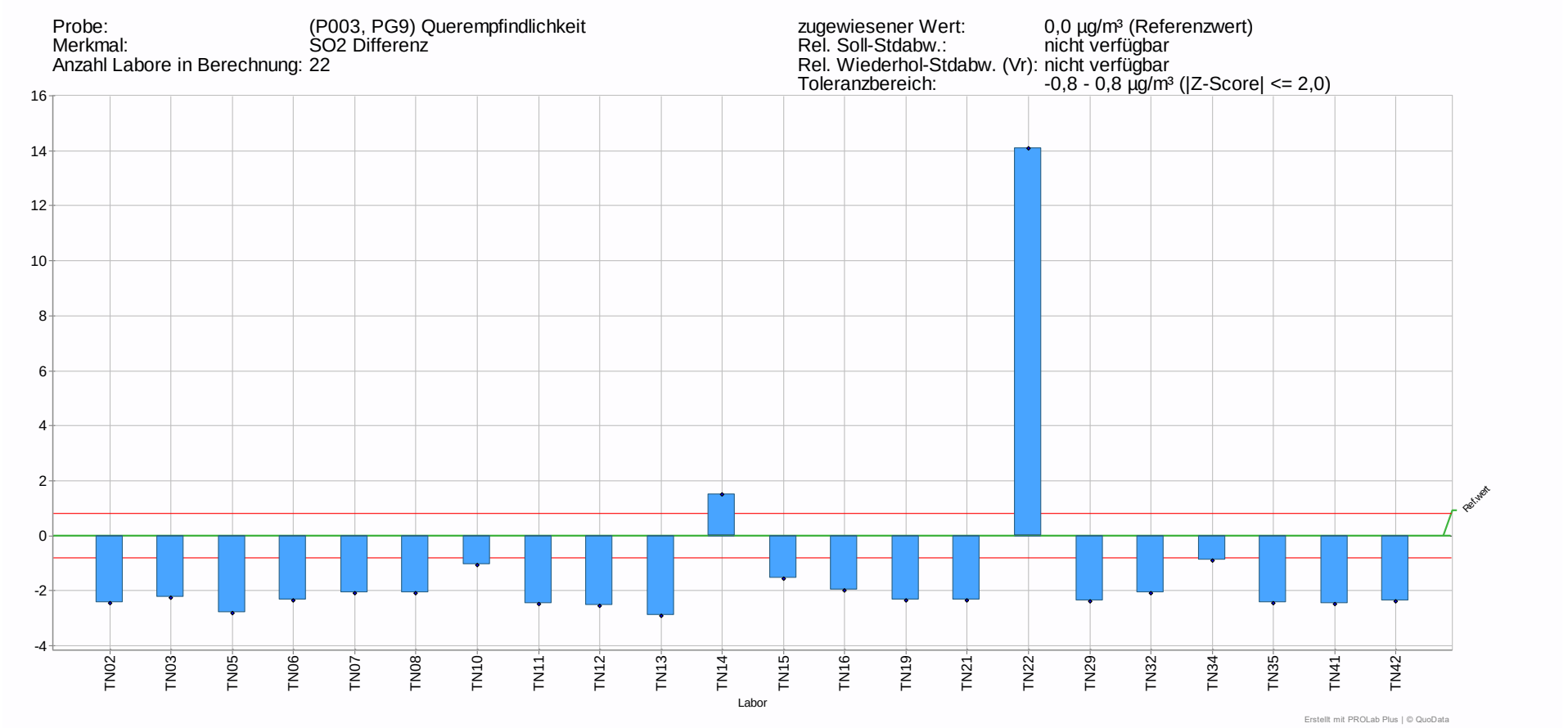


Abbildung 27: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 9 der Schwefeldioxid-Messung (SO_2 ca. 30 µg/m³) gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)

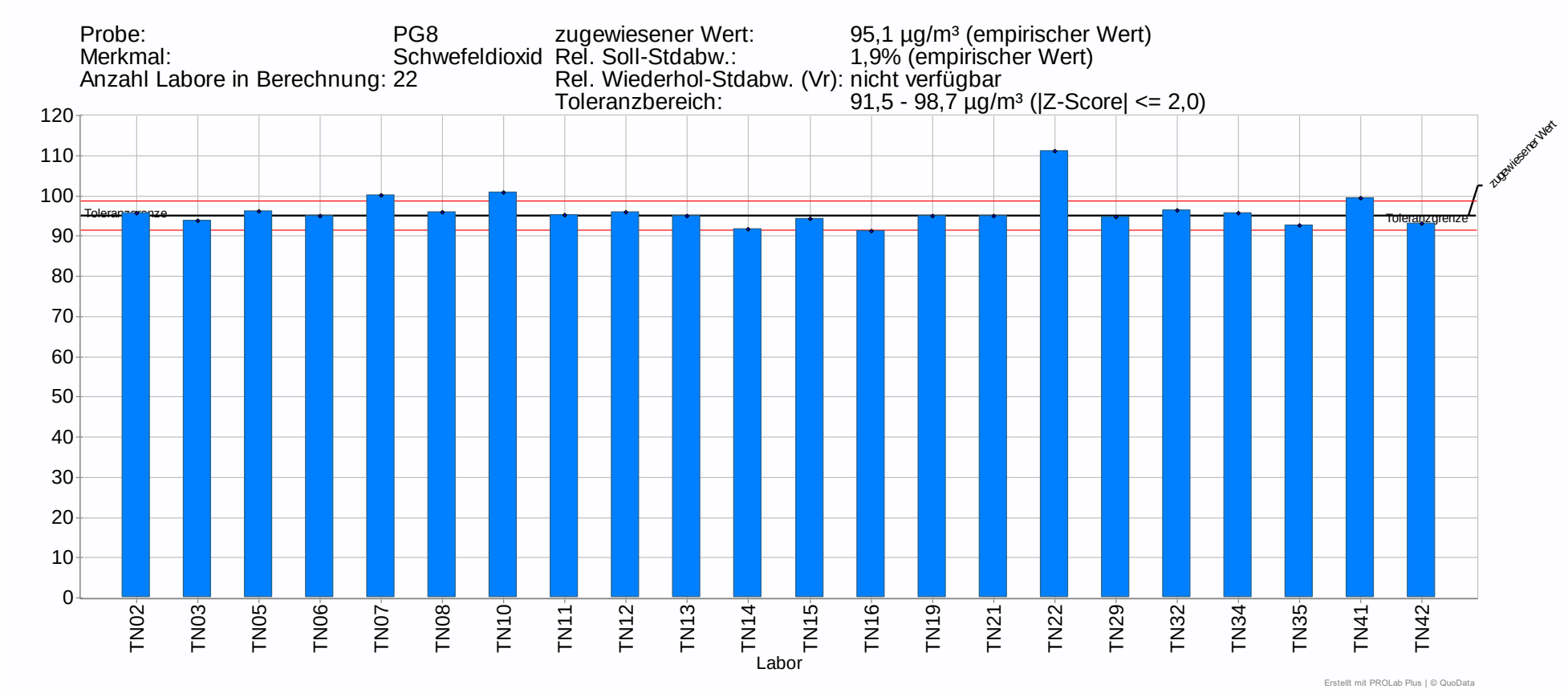


Abbildung 28: Prüfgasangebot PG 8: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)

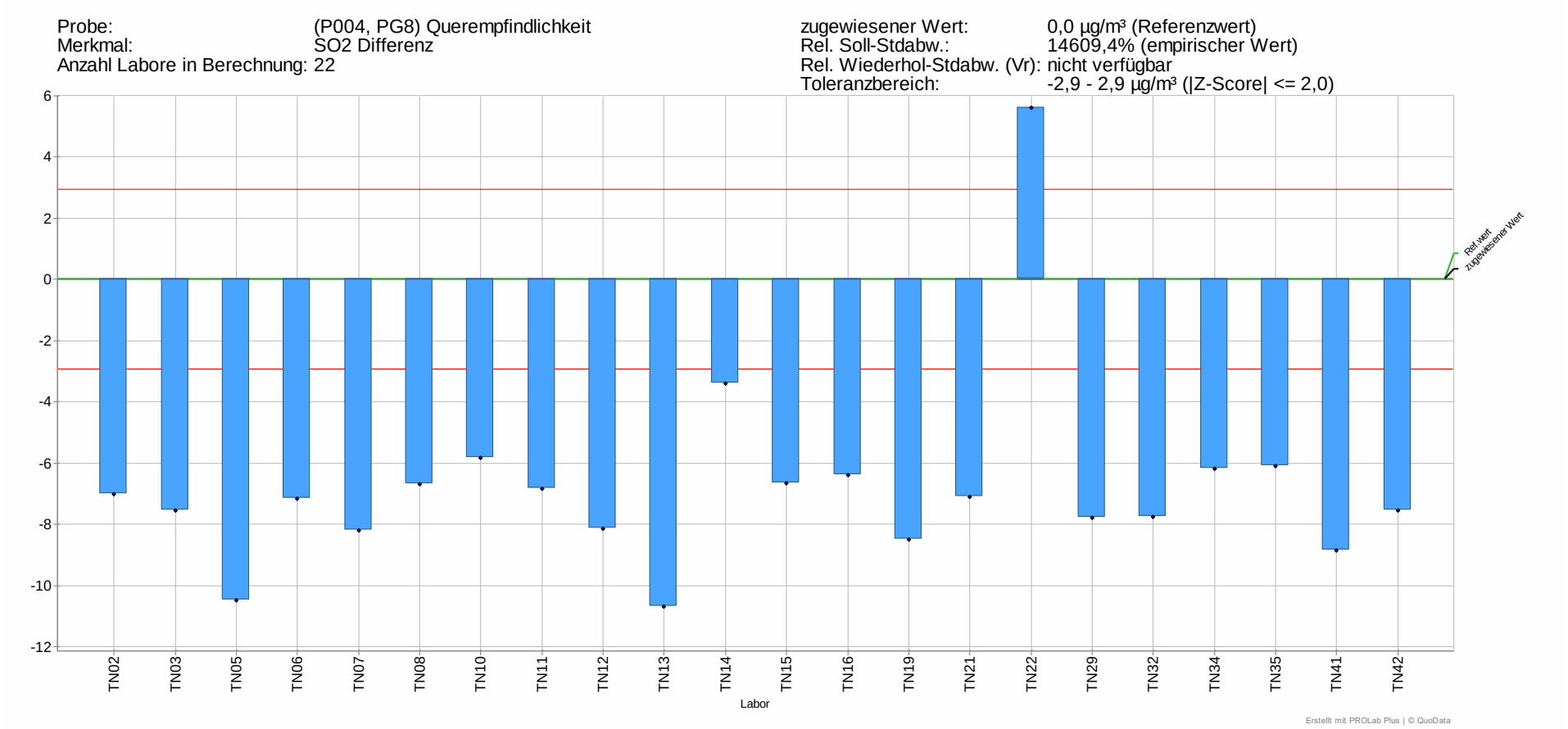


Abbildung 29: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 8 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)

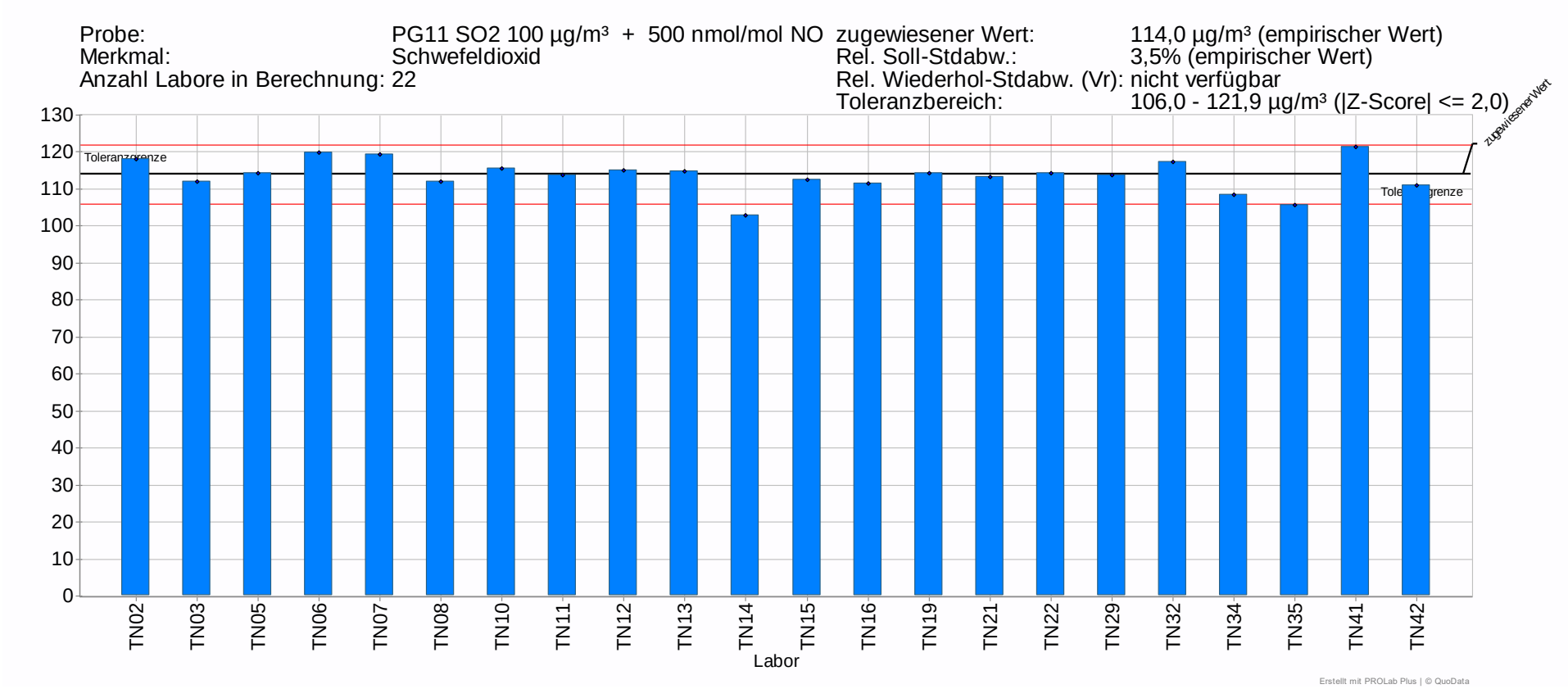


Abbildung 30: Prüfgasangebot PG 11: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol)

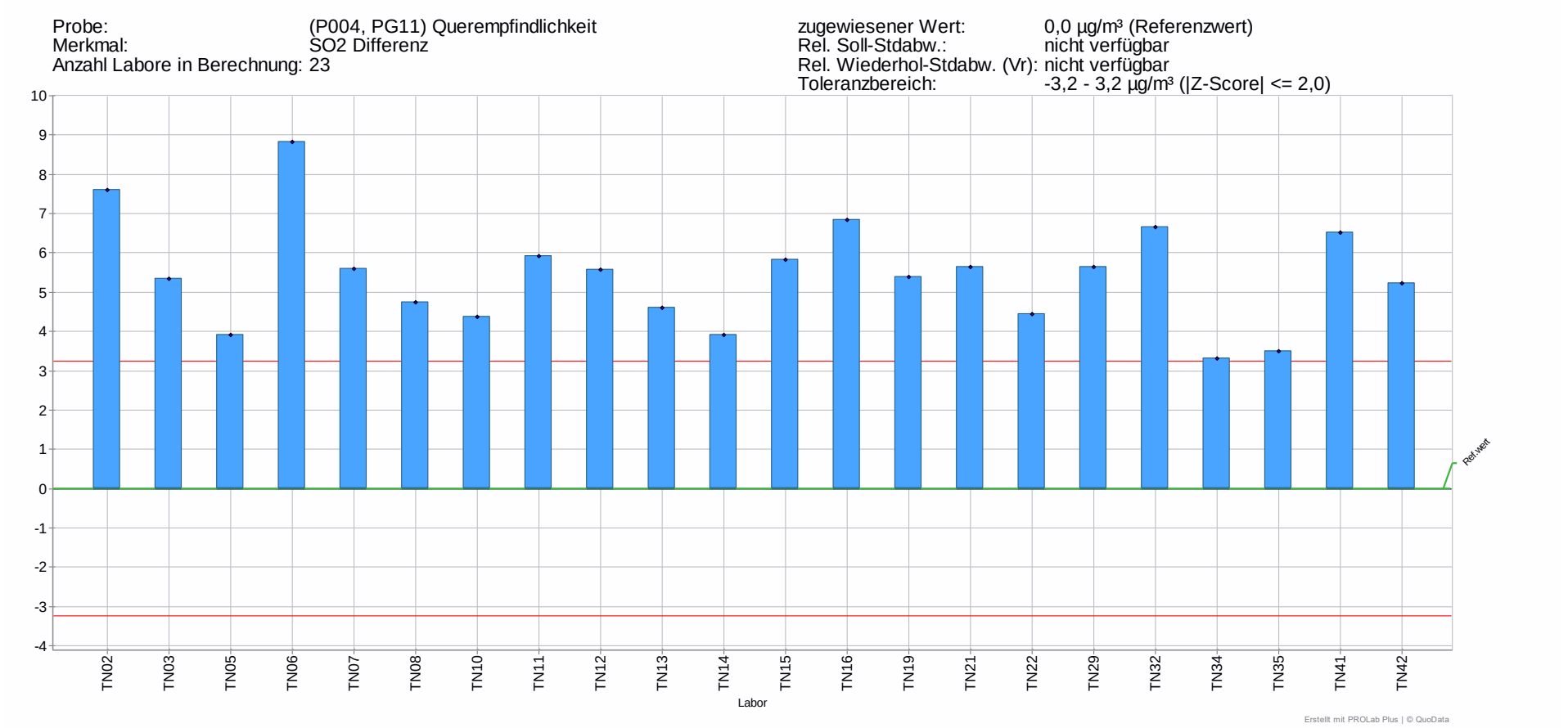


Abbildung 31: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 11 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol)

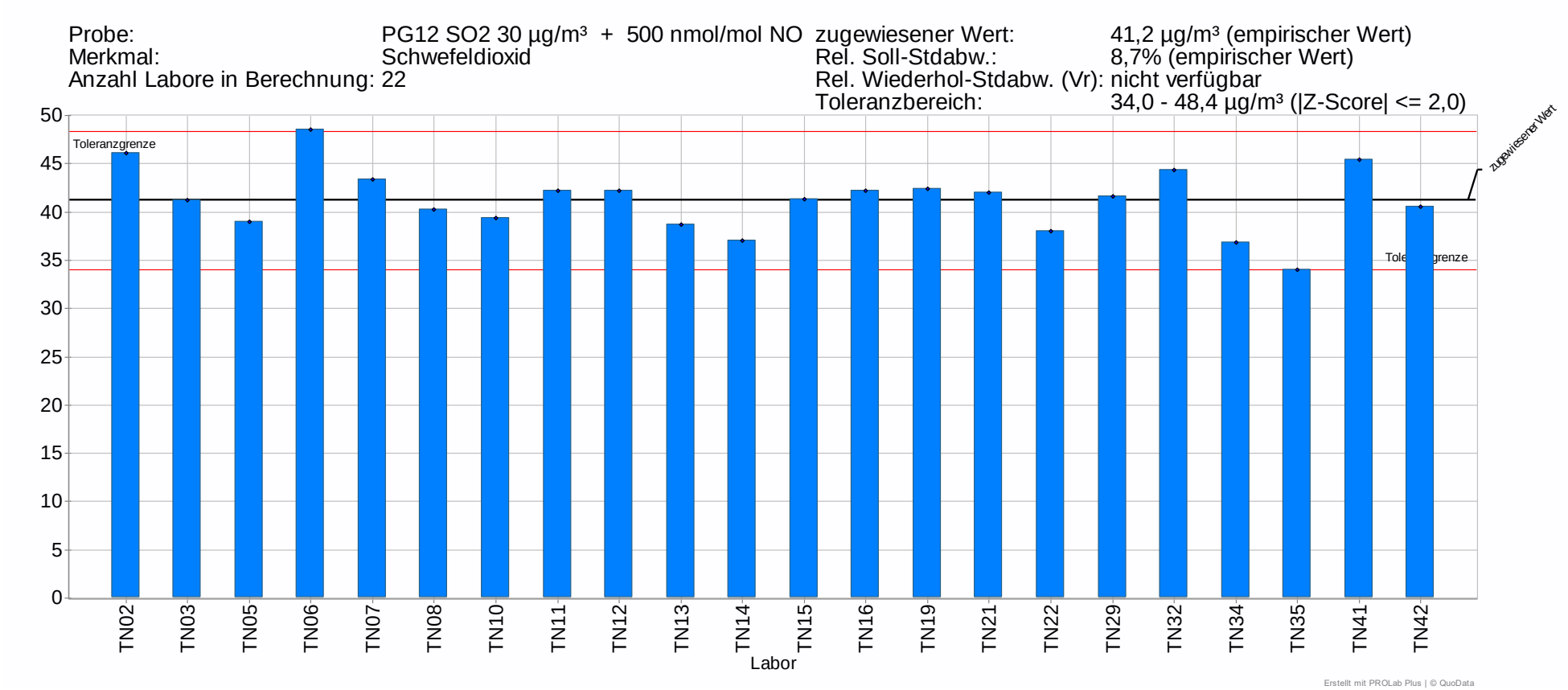


Abbildung 32: Prüfgasangebot PG 12: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol)

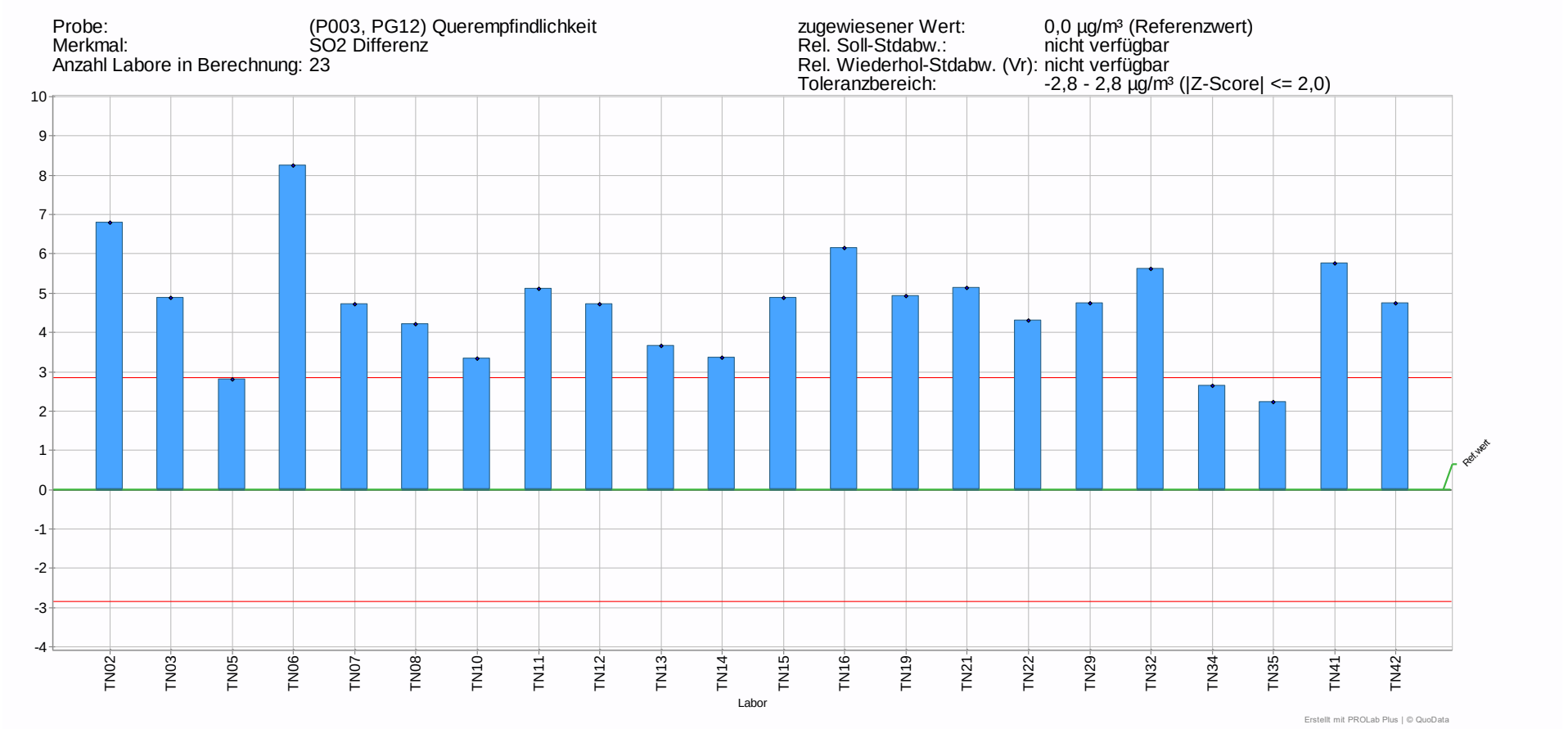


Abbildung 33: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 12 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol)

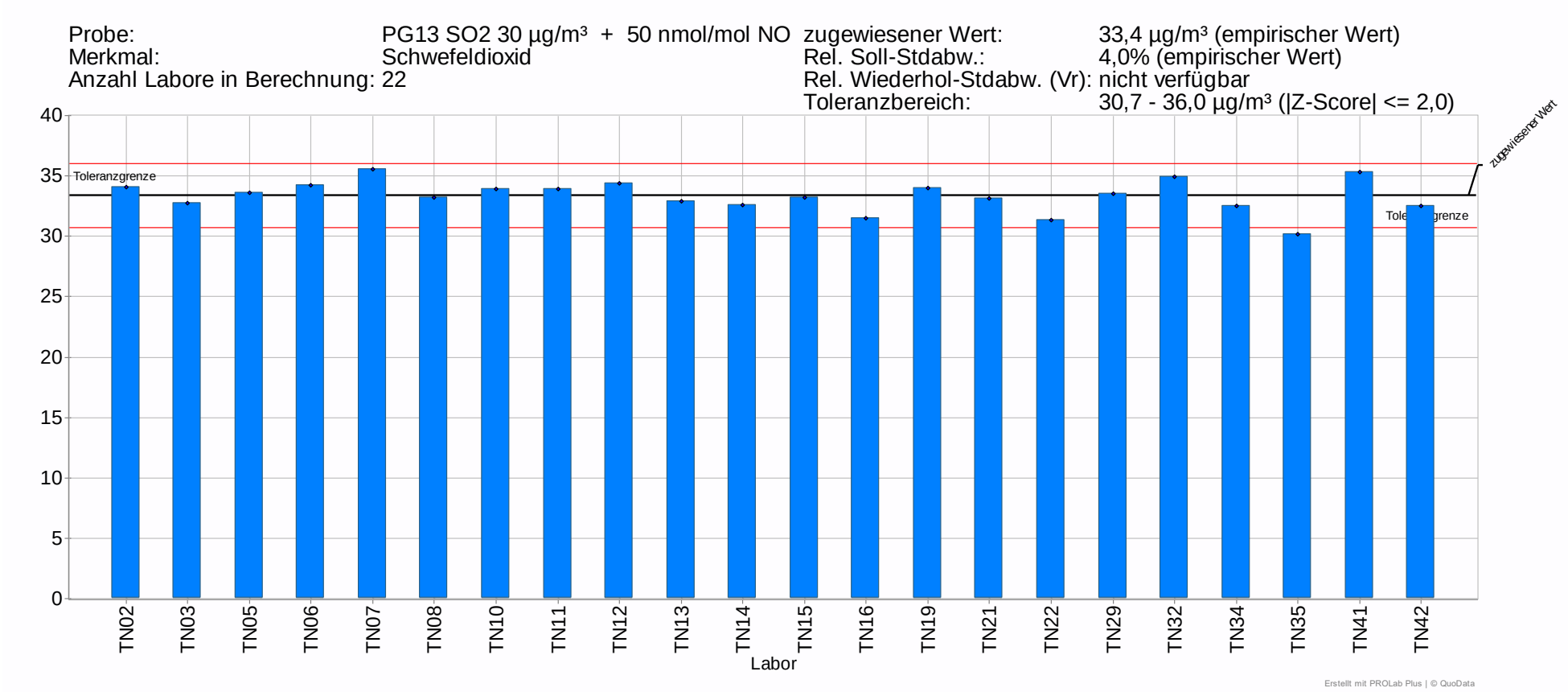


Abbildung 34: Prüfgasangebot PG 13: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 50 nmol/mol)

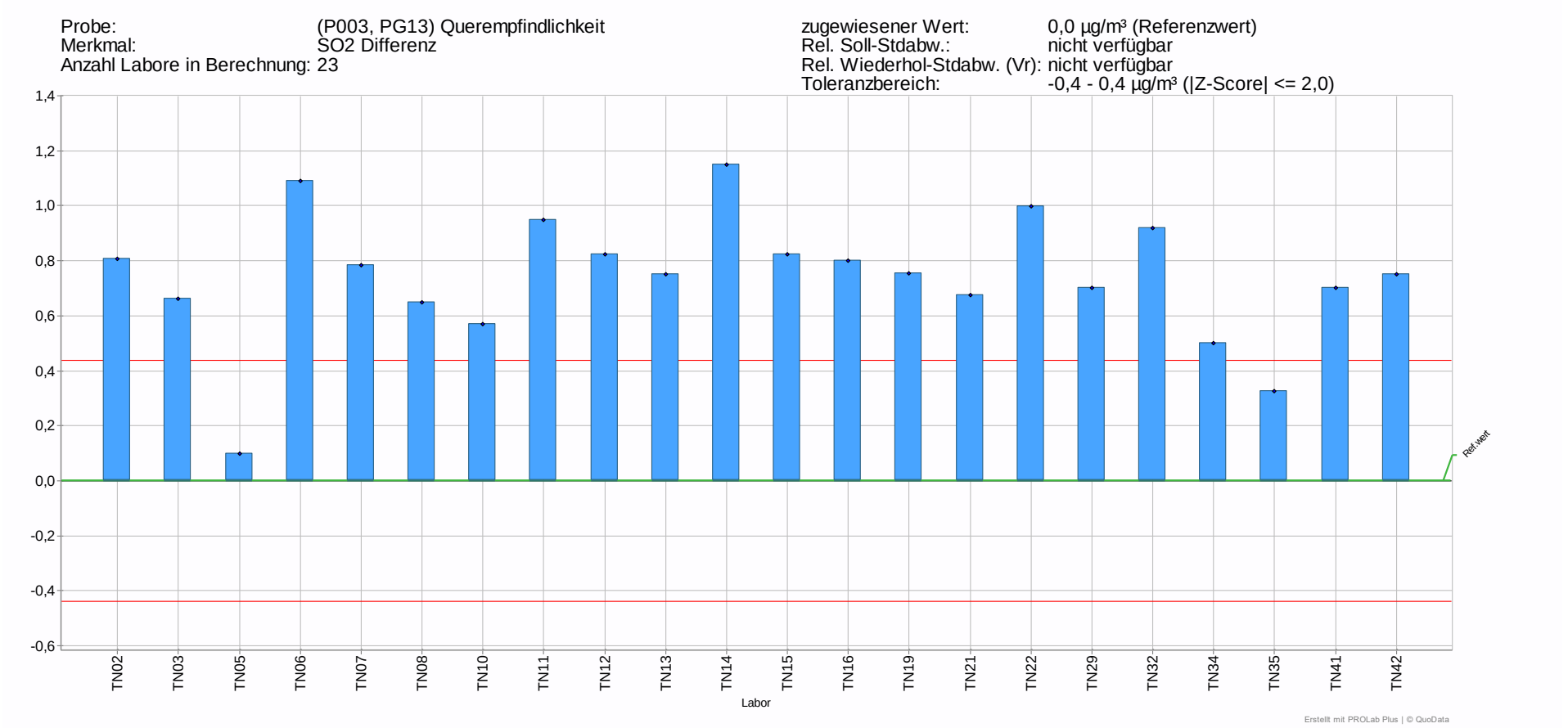


Abbildung 35: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 13 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 50 nmol/mol)

4.5.2 Benzol

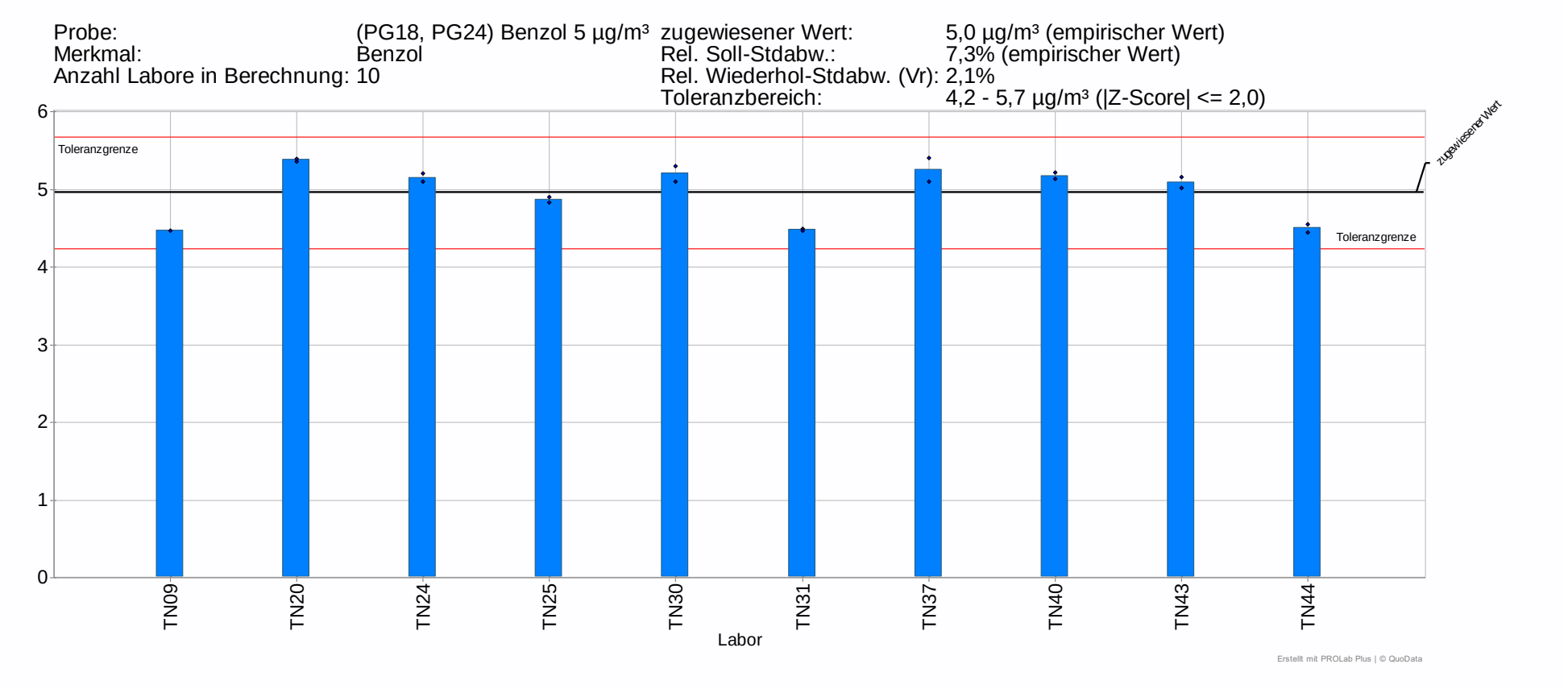


Abbildung 36: Probe P005: Ermittlung des Vorgabewertes aus den Konzentrationen der Prüfgasangebote PG 18 und PG 24 - ca. 5 µg/m³ Benzol

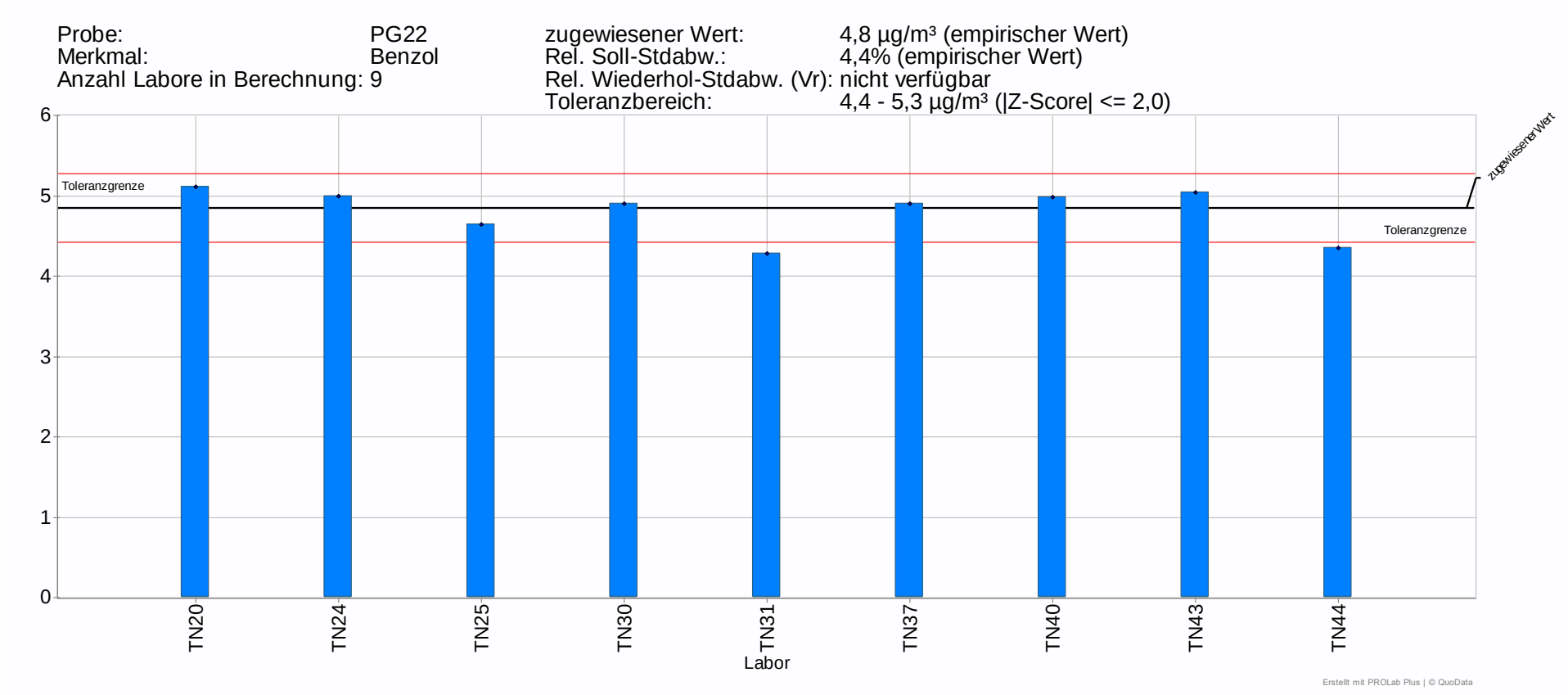


Abbildung 37: Prüfgasangebot PG 22: Vergleich der Benzol-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit bei ca. 5 µg/m³ Benzol gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)

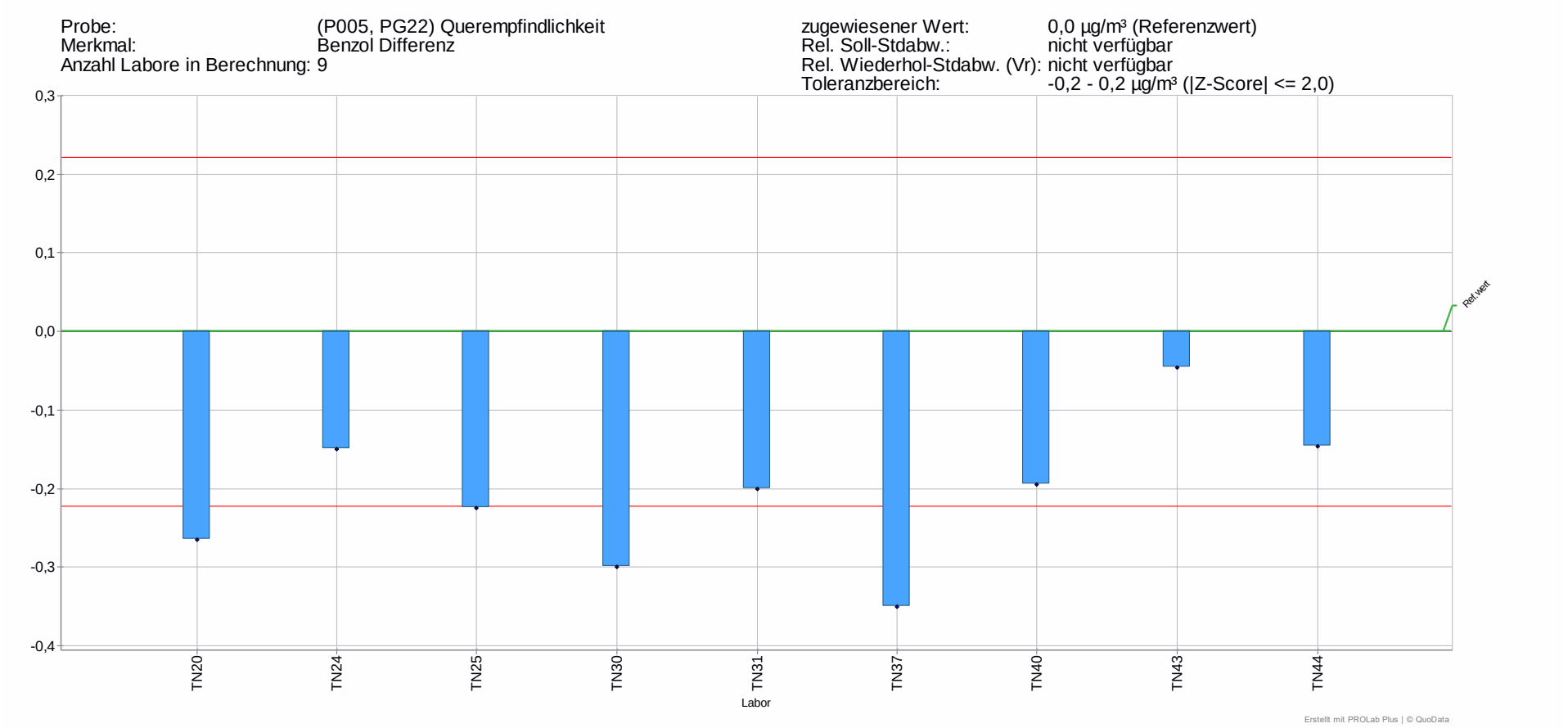


Abbildung 38: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 22 bei der Benzol-Messung ca. 5 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte)

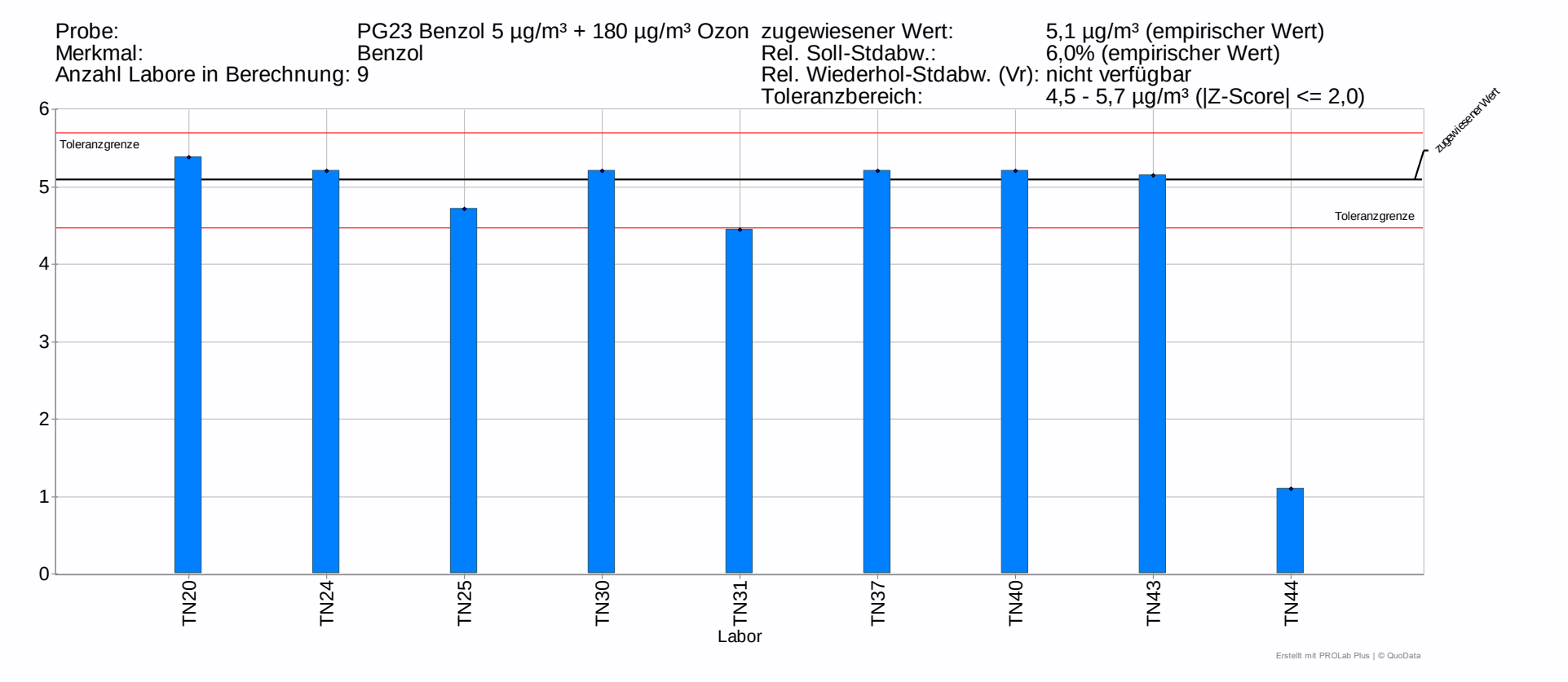


Abbildung 39: Prüfgasangebot PG 23: Vergleich der Benzol-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit bei ca. 5 µg/m³ Benzol gegenüber 180 µg/m³ Ozon

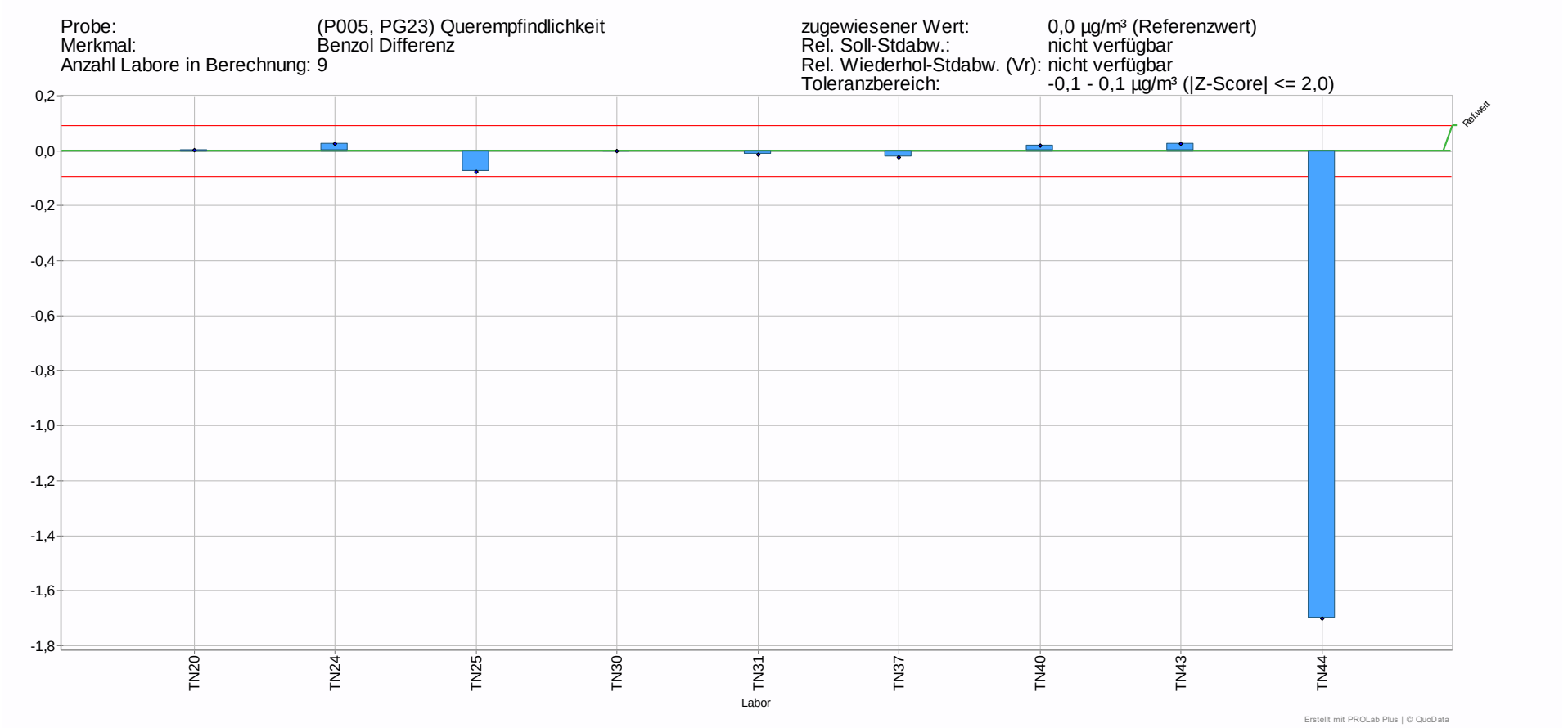


Abbildung 40: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 23 bei der Benzol-Messung ca. 5 µg/m³ Benzol gegenüber 180 µg/m³ Ozon

4.6 Vergleichsmessungen ORSA-Röhrchen

Begleitend zum Ringversuch wurden an interessierte TN zusätzlich mit Prüfgas beaufschlagte Aktivkohleröhrchen verteilt. Hierbei handelt es sich um sog. ORSA-Sammler. Diese werden als Passivsammler für BTEX in der Außenluft verwendet. Die Proben wurden durch das LANUK NRW im organischen Labor des Fachbereich 43 mit Prüfgas homogen belegt.

Hergestellt wurden Proben in zwei unterschiedlichen Konzentrationen. Die Proben wurden abschließend kodiert, um eine Zuordnung auszuschließen. Jede(r) TN erhielt 4 Proben mit jeweils 2 Proben pro Prüfgas-Konzentration. Die Analysenwerte wurden nach der Abgabe durch die TN als Doppelbestimmung zugeordnet.

Der zugewiesene Wert (X_{PT}) und die Standardabweichung der Eignungsbekanntgabe σ_{pt} wurden aus dem robusten Mittelwert X* und der robusten Standardabweichung s^* nach DIN ISO 13528 Anhang C berechnet.

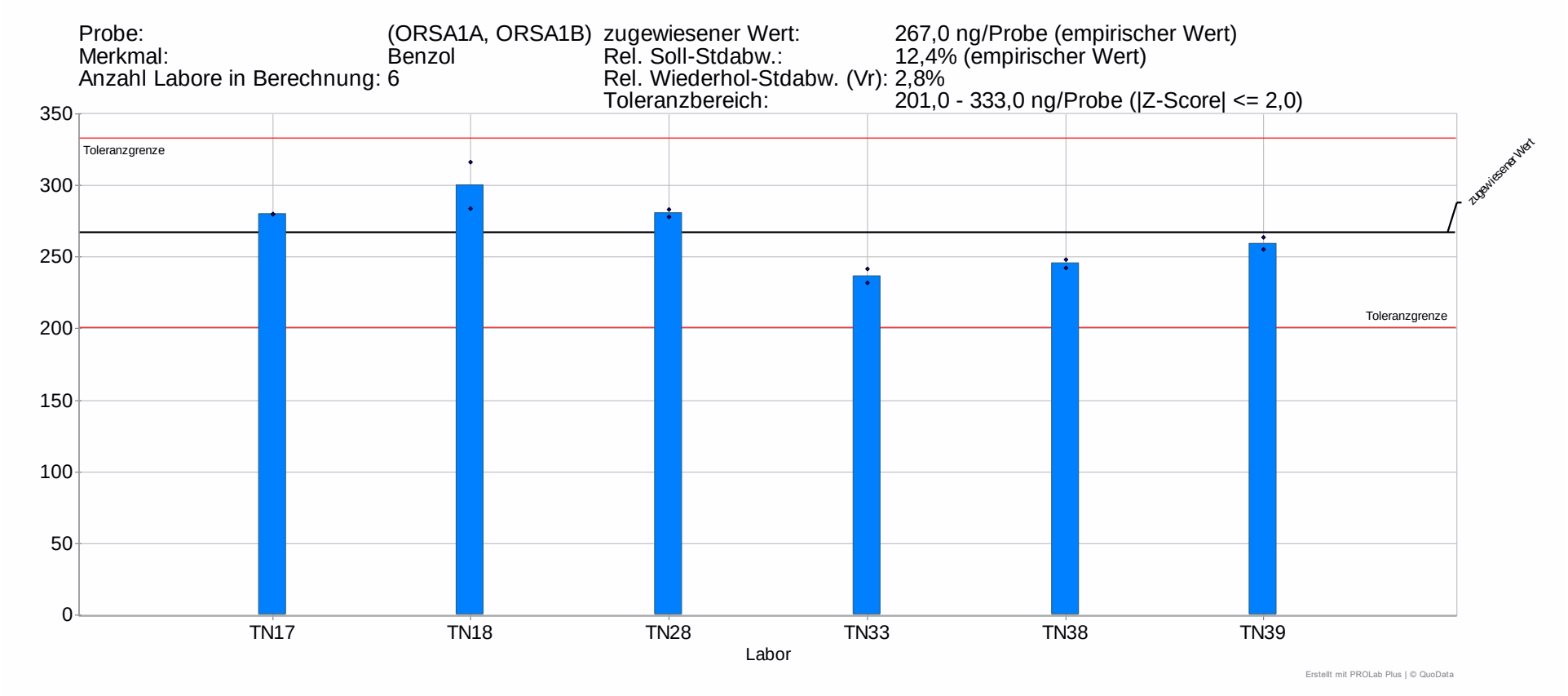


Abbildung 41: Benzol-Konzentration ORSA Proben 1 A und 1 B

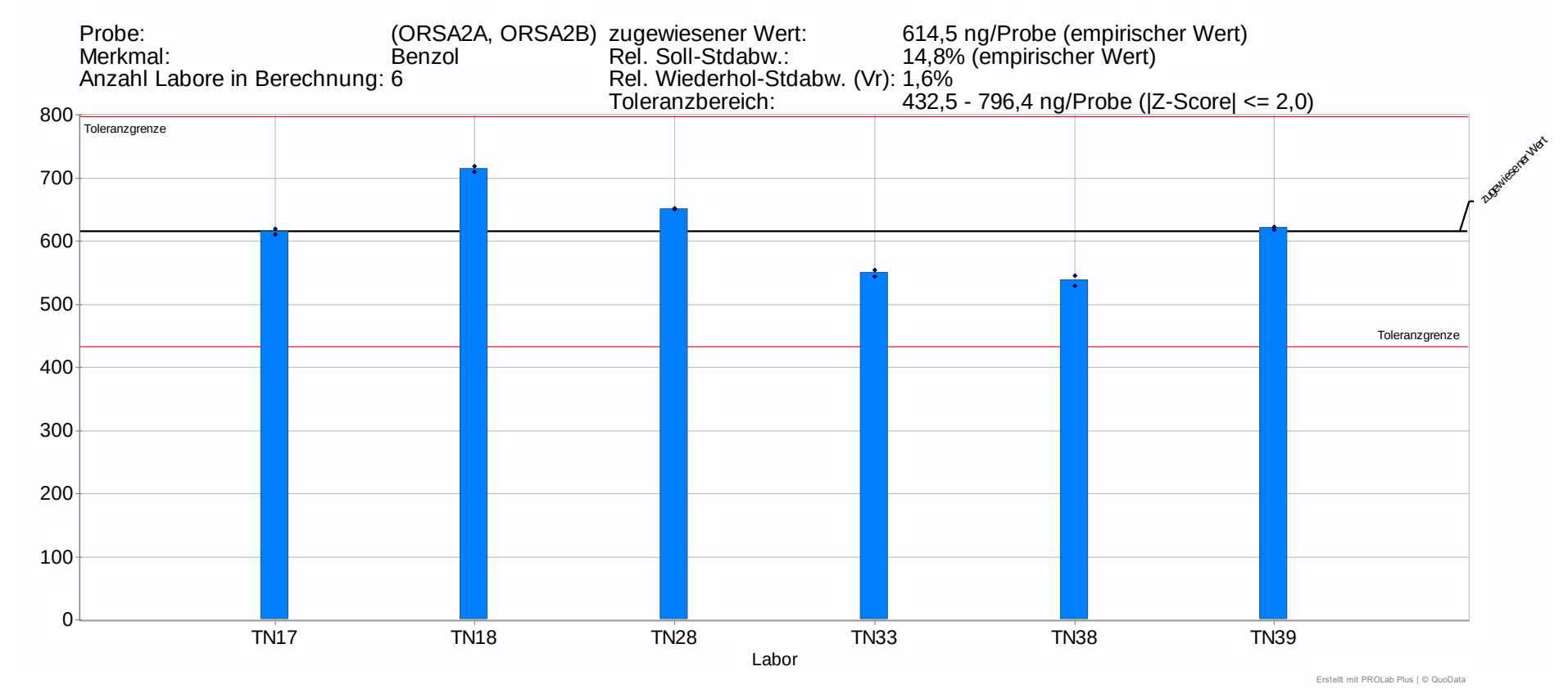


Abbildung 42: Benzol-Konzentration ORSA Proben 2 A und 2 B

5 Anhang

5.1 ORSA-Vergleichsmessungen

Tabelle 13: Messwerte und Kenngrößen – Probe ORSA 1 A und 1 B

	Benzol	Toluol	o-Xylol	m-/p-Xylol	Ethylbenzol
TN	**ng/Probe**	**ng/Probe**	**ng/Probe**	**ng/Probe**	**ng/Probe**
TN17	280,0	365,0	250,0	205,0	320,0
TN18	299,9	379,0	309,8	261,2	423,6
TN28	280,5	343,5	211,5	160,0	254,5
TN33	236,8	309,8	230,4	195,6	282,7
TN38	245,5	316,5	231,3	147,9	273,7
TN39	259,5	360,4	281,6	218,7	328,0
X	267,0	345,7	252,4	198,1	311,6
σ_{pt}	33,0	36,5	46,1	58,1	65,9
N	6	6	6	6	6

Tabelle 14: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA 2 A und 2 B

	Benzol	Toluol	o-Xylol	m-/p-Xylol	Ethylbenzol
TN	**ng/Probe**	**ng/Probe**	**ng/Probe**	**ng/Probe**	**ng/Probe**
TN17	615,0	790,0	575,0	460,0	725,0
TN18	714,4	852,3	689,0	576,0	954,5
TN28	651,0	805,5	517,0	401,0	635,5
TN33	549,0	710,8	540,4	451,1	656,4
TN38	537,3	695,8	522,1	388,7	612,6
TN39	620,1	854,3	651,0	492,3	746,0
X	614,5	784,8	582,4	461,5	708,9
σ_{pt}	91,0	92,3	83,4	98,1	112,7
N	6	6	6	6	6

Tabelle 15: Messwerte und Kenngrößen – Probe ORSA – Teilprobe 1 A

TN	Benzol ng/Probe	Toluol ng/Probe	o-Xylol ng/Probe	m-/p-Xylol ng/Probe	Ethylbenzol ng/Probe
TN17	280,0	370,0	250,0	210,0	320,0
TN18	283,7	366,2	307,0	258,5	427,9
TN28	283,0	347,0	210,0	161,0	256,0
TN33	241,8	310,8	229,2	193,2	281,4
TN38	248,3	317,3	233,3	146,5	274,1
TN39	263,8	360,2	282,6	215,5	323,8
X	266,8	345,3	252,0	197,4	310,2
σ_{pt}	19,4	23,6	47,6	55,0	63,7
N	6	6	6	6	6

Tabelle 16: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA – Teilprobe 1 B

TN	Benzol ng/Probe	Toluol ng/Probe	o-Xylol ng/Probe	m-/p-Xylol ng/Probe	Ethylbenzol ng/Probe
TN17	280,0	360,0	250,0	200,0	320,0
TN18	316,1	391,8	312,6	263,9	419,4
TN28	278,0	340,0	213,0	159,0	253,0
TN33	231,8	308,8	231,6	198,0	284,0
TN38	242,7	315,7	229,2	149,3	273,3
TN39	255,2	360,7	280,7	221,8	332,2
X	267,3	346,2	252,9	198,7	313,7
σ_{pt}	50,9	47,9	42,5	61,2	71,6
N	6	6	6	6	6

Tabelle 17: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA – Teilprobe 2 A

TN	Benzol ng/Probe	Toluol ng/Probe	o-Xylol ng/Probe	m-/p-Xylol ng/Probe	Ethylbenzol ng/Probe
TN17	610,0	780,0	570,0	450,0	720,0
TN18	719,2	822,9	684,5	581,9	961,0
TN28	650,0	804,0	515,0	405,0	644,0
TN33	544,2	696,2	528,4	443,4	637,0
TN38	528,7	685,1	512,0	378,3	602,1
TN39	621,7	857,4	649,6	490,3	746,0
X	612,3	774,3	576,6	458,1	703,4
σ_{pt}	103,1	81,3	81,1	92,0	111,8
N	6	6	6	6	6

Tabelle 18: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA – Teilprobe 2 B

TN	Benzol ng/Probe	Toluol ng/Probe	o-Xylol ng/Probe	m-/p-Xylol ng/Probe	Ethylbenzol ng/Probe
TN17	620,0	800,0	580,0	470,0	730,0
TN18	709,5	881,8	693,5	570,1	947,9
TN28	652,0	807,0	519,0	397,0	627,0
TN33	553,8	725,4	552,4	458,8	675,8
TN38	545,9	706,6	532,3	399,2	623,0
TN39	618,5	851,1	652,4	494,2	746,1
X	616,6	795,3	588,3	464,9	715,8
σ_{pt}	87,7	101,7	78,4	92,0	117,9
N	6	6	6	6	6

5.2 Ergänzende Prüfgasangebote – anorganische und organische Gase

5.2.1 Schwefeldioxid

Tabelle 19: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Schwefeldioxid

TN	PG 6 µg/m³	PG 7 µg/m³	PG 8 µg/m³	PG 9 µg/m³	PG 10 µg/m³	PG 11 µg/m³	PG 12 µg/m³	PG 13 µg/m³	PG 14 µg/m³	PG 15 µg/m³
TN02	103,0	30,9	95,8	30,0	102,6	118,0	46,1	34,1	32,5	0,5
TN03	101,4	29,7	93,8	29,2	101,3	112,0	41,2	32,8	31,6	-0,1
TN05	107,1	32,9	96,1	30,6	106,1	114,4	39,0	33,6	32,4	-1,3
TN06	101,7	30,3	95,0	29,7	102,5	119,8	48,5	34,2	32,4	0,2
TN07	107,9	32,1	100,1	31,9	108,7	119,4	43,4	35,5	34,4	0,3
TN08	101,8	30,3	95,8	29,8	103,2	112,0	40,3	33,2	32,4	-0,1
TN10	105,9	31,8	100,9	31,7	107,5	115,5	39,4	33,9	33,2	-1,0
TN11	101,5	30,2	95,1	29,5	102,4	113,8	42,2	33,9	32,5	0,5
TN12	102,4	29,8	95,8	30,2	105,5	115,1	42,2	34,4	33,6	0,6
TN13	104,8	29,1	94,9	28,5	106,4	114,8	38,7	32,9	32,1	0,3
TN14	93,4	30,6	91,6	31,8	96,6	102,8	37,0	32,6	31,6	2,2
TN15	99,8	30,2	94,3	30,0	102,1	112,6	41,3	33,2	32,2	0,1
TN16	97,3	28,4	91,3	27,9	98,1	111,4	42,2	31,5	30,2	-0,4
TN19	103,2	30,7	95,0	30,2	103,8	114,3	42,4	34,0	32,9	0,5
TN21	101,8	29,8	95,0	29,4	102,4	113,4	42,0	33,1	32,1	0,3
TN22	102,2	38,0	111,2	43,4	108,9	114,4	38,0	31,4	29,5	0,1
TN26	103,2									
TN29	102,1	30,3	94,8	29,7	103,1	113,9	41,6	33,5	32,5	0,4
TN32	103,6	31,3	96,3	31,0	104,6	117,4	44,3	34,9	33,5	0,6
TN34	101,4	30,5	95,6	30,6	102,2	108,4	36,8	32,5	31,9	-0,2
TN35	98,6	29,1	92,6	27,1	98,8	105,7	34,0	30,2	29,6	-2,4
TN41	108,3	32,3	99,4	31,4	108,2	121,3	45,4	35,3	34,1	0,7
TN42	100,4	29,3	93,1	28,6	100,9	111,1	40,5	32,5	31,4	0,3

5.2.2 Kohlenmonoxid

Tabelle 20: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Kohlenmonoxid

TN	PG 14 mg/m³	PG 15 mg/m³
TN01	2,00	0,01
TN02	2,01	0,01
TN03	2,01	0,01
TN05	2,01	-0,01
TN07	2,55	0,49
TN12	2,10	0,00
TN13	2,08	0,05
TN15	2,00	0,01
TN16	2,05	0,01
TN21	2,06	0,01
TN23	1,99	0,00
TN26	2,01	-0,02
TN29	2,04	0,02
TN32	2,05	0,00
TN34	2,04	0,00
TN35	2,10	0,00
TN36	2,00	0,00
TN41	2,01	-0,02
TN42	2,05	0,02

5.2.3 Benzol

Tabelle 21: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Benzol

TN	PG 21 µg/m³	PG 22 µg/m³	PG 23 µg/m³	PG 24 µg/m³
TN20	0,0	5,1	5,4	5,4
TN24	0,0	5,0	5,2	5,1
TN25	0,1	4,6	4,7	4,8
TN30	0,0	4,9	5,2	5,1
TN31	0,1	4,3	4,5	4,5
TN37	0,0	4,9	5,2	5,1
TN40	0,0	5,0	5,2	5,1
TN43	0,0	5,0	5,1	5,0
TN44	0,0	4,4	1,1	4,4

5.2.4 Toluol

Tabelle 22: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Toluol

TN	PG 16 µg/m³	PG 17 µg/m³	PG 18 µg/m³	PG 19 µg/m³	PG 20 µg/m³
TN09	1,4	3,1	9,5	5,3	13,5
TN20	1,4	3,0	9,2	4,9	14,4
TN24	1,7	3,5	9,5	5,5	14,3
TN25	1,4	3,3	9,6	5,4	14,3
TN30	1,7	3,6	9,8	5,6	14,8
TN31	1,4	3,0	8,7	4,9	13,4
TN37	2,1	4,3	11,5	6,3	17,1
TN40	1,7	3,5	9,8	5,6	15,1
TN43	1,8	3,7	10,2		

5.2.5 o-Xylol

Tabelle 23: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für o-Xylol

TN	PG 16 µg/m³	PG 17 µg/m³	PG 18 µg/m³	PG 19 µg/m³	PG 20 µg/m³
TN09	0,4	1,3	4,2	2,3	6,5
TN20	0,6	1,5	4,6	2,5	7,2
TN24	0,8	1,8	5,1	2,9	7,7
TN30	0,8	1,8	5,1	2,9	7,8
TN31	0,6	1,4	4,3	2,4	6,6
TN37	1,3	2,0	5,2	3,4	7,7
TN40	0,7	1,7	4,9	2,8	7,7
TN43	0,7	1,7	5,0		

5.2.6 m-/p-Xylol

Tabelle 24: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für m-/p-Xylol

TN	PG 16 µg/m³	PG 17 µg/m³	PG 18 µg/m³	PG 19 µg/m³	PG 20 µg/m³
TN09	0,8	2,3	4,2	3,4	7,3
TN20	0,5	1,3	4,6	2,5	7,2
TN24	0,8	1,8	5,1	3,0	7,7
TN25	0,5	1,5	4,6	2,6	6,9
TN30	0,8	1,8	5,2	3,0	7,9
TN31	0,5	1,3	4,5	2,1	7,0
TN37	1,1	2,2	5,5	5,4	8,4
TN40	0,7	1,6	4,8	2,7	7,5
TN43	0,8	1,8	5,1		

5.2.7 Ethylbenzol

Tabelle 25: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Ethylbenzol

TN	PG 16 µg/m³	PG 17 µg/m³	PG 18 µg/m³	PG 19 µg/m³	PG 20 µg/m³
TN09	1,0	2,0	4,2	2,9	6,3
TN20	0,6	1,3	4,3	2,4	6,5
TN31	0,5	1,1	3,5	1,8	5,3
TN37	1,1	1,9	4,3	2,8	7,2
TN40	0,6	1,4	4,0	2,3	6,2
TN43	0,6	1,5	4,1		

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prüfgasangebot PG 1 – Komponente Schwefeldioxid 20
Abbildung 2: Prüfgasangebot PG 2 – Komponente Schwefeldioxid 21
Abbildung 3: Prüfgasangebot PG 3 – Komponente Schwefeldioxid 22
Abbildung 4: Prüfgasangebot PG 4 – Komponente Schwefeldioxid 23
Abbildung 5: Prüfgasangebot PG 5 – Komponente Schwefeldioxid 24
Abbildung 6: z-score Übersicht Schwefeldioxid 25
Abbildung 7: Prüfgasangebot PG 1 – Komponente Kohlenmonoxid 27
Abbildung 8: Prüfgasangebot PG 2 – Komponente Kohlenmonoxid 28
Abbildung 9: Prüfgasangebot PG 3 – Komponente Kohlenmonoxid 29
Abbildung 10: Prüfgasangebot PG 4 – Komponente Kohlenmonoxid 30
Abbildung 11: Prüfgasangebot PG 5 – Komponente Kohlenmonoxid 31
Abbildung 12: z-score Übersicht Kohlenmonoxid 32
Abbildung 13: Prüfgasangebot PG 16 – Komponente Benzol 34
Abbildung 14: Prüfgasangebot PG 17 – Komponente Benzol 35
Abbildung 15: Prüfgasangebot PG 18 – Komponente Benzol 36
Abbildung 16: Prüfgasangebot PG 19 – Komponente Benzol 37
Abbildung 17: Prüfgasangebot PG 20 – Komponente Benzol 38
Abbildung 18: z-score Übersicht Benzol 39
Abbildung 19: E_n-Zahlen Schwefeldioxid 42
Abbildung 20: E_n-Zahlen Kohlenmonoxid 44
Abbildung 21: E_n-Zahlen Benzol 46
Abbildung 22: Probe P003: Ermittlung des Vorgabewertes aus den Konzentrationen der Prüfgasangebote PG 4 und PG 14 - ca. 30 µg/m³ Schwefeldioxid 48
Abbildung 23: Probe P004: Ermittlung des Vorgabewertes aus den Konzentrationen der Prüfgasangebote PG 6 und PG 10 - ca. 100 µg/m³ Schwefeldioxid 49
Abbildung 24: Prüfgasangebot PG 7: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung (SO_2 ca. 30 µg/m³) gegenüber Wasserdampf 4 mmol/mol H_2O (ca. 15 % rel. Feuchte) 50
Abbildung 25: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 7 der Schwefeldioxid-Messung (SO_2 ca. 30 µg/m³) gegenüber Wasserdampf 4 mmol/mol H_2O (ca. 15 % rel. Feuchte) 51
Abbildung 26: Prüfgasangebot PG 9: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte) 52

Abbildung 27: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 9 der Schwefeldioxid-Messung (SO_2 ca. 30 µg/m³) gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte) 53

Abbildung 28: Prüfgasangebot PG 8: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte) 54

Abbildung 29: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 8 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte) 55

Abbildung 30: Prüfgasangebot PG 11: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol) 56

Abbildung 31: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 11 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 100 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol) 57

Abbildung 32: Prüfgasangebot PG 12: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol) 58

Abbildung 33: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 12 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 500 nmol/mol) 59

Abbildung 34: Prüfgasangebot PG 13: Vergleich der Schwefeldioxid-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 50 nmol/mol) 60

Abbildung 35: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 13 der Schwefeldioxid-Messung SO_2 ca. 30 µg/m³ gegenüber Stickstoffmonoxid (NO ca. 50 nmol/mol) 61

Abbildung 36: Probe P005: Ermittlung des Vorgabewertes aus den Konzentrationen der Prüfgasangebote PG 18 und PG 24 - ca. 5 µg/m³ Benzol 62

Abbildung 37: Prüfgasangebot PG 22: Vergleich der Benzol-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit bei ca. 5 µg/m³ Benzol gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte) 63

Abbildung 38: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 22 bei der Benzol-Messung ca. 5 µg/m³ gegenüber Wasserdampf 10 mmol/mol H_2O (ca. 40 % rel. Feuchte) 64

Abbildung 39: Prüfgasangebot PG 23: Vergleich der Benzol-Konzentration zur Ermittlung der Querempfindlichkeit bei ca. 5 µg/m³ Benzol gegenüber 180 µg/m³ Ozon 65

Abbildung 40: Querempfindlichkeit beim Prüfgasangebot PG 23 bei der Benzol-Messung ca. 5 µg/m³ Benzol gegenüber 180 µg/m³ Ozon 66

Abbildung 41: Benzol-Konzentration ORSA Proben 1 A und 1 B 68

Abbildung 42: Benzol-Konzentration ORSA Proben 2 A und 2 B 69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der TN-Verfahren 6
Tabelle 2: TN-Liste 9
Tabelle 3: Eingesetzte Messverfahren 10
Tabelle 4: Anforderungen an Null- und Prüfgas 16
Tabelle 5: Prüfgasangebote Bewertungsteil 17
Tabelle 6: Kenngrößen der TN-Messwerte 18
Tabelle 7: z-score-Auswertung Schwefeldioxid 19
Tabelle 8: z-score-Auswertung Kohlenmonoxid 26
Tabelle 9: z-score Auswertung Benzol 33
Tabelle 10: E_n-Zahlen und Standardunsicherheiten für die SO_2-Bewertungsangebote 41
Tabelle 11: E_n-Zahlen und Standardunsicherheiten für die CO-Bewertungsangebote 43
Tabelle 12: E_n-Zahlen und Standardunsicherheiten für die Benzol-Bewertungsangebote 45
Tabelle 13: Messwerte und Kenngrößen – Probe ORSA 1 A und 1 B 70
Tabelle 14: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA 2 A und 2 B 70
Tabelle 15: Messwerte und Kenngrößen – Probe ORSA – Teilprobe 1 A 71
Tabelle 16: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA – Teilprobe 1 B 71
Tabelle 17: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA – Teilprobe 2 A 72
Tabelle 18: Messwerte und Kenngrößen - Probe ORSA – Teilprobe 2 B 72
Tabelle 19: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Schwefeldioxid 73
Tabelle 20: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Kohlenmonoxid 74
Tabelle 21: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Benzol 74
Tabelle 22: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Toluol 75
Tabelle 23: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für o-Xylol 75
Tabelle 24: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für m-/p-Xylol 76
Tabelle 25: TN-Messwerte der ergänzenden Prüfgasangebote für Ethylbenzol 76

Impressum

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK NRW) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 poststelle@lanuk.nrw.de www.lanuk.nrw.de
Bearbeitung	Thorsten Zang, Marion Heße (LANUK)
Stand	Oktober 2026
Veröffentlichung	Oktober 2026
Titelbild	LANUK / Thorsten Zang
ISSN	3052-9409 (Online), LANUK-Fachberichte

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Landesamt für Natur, Umwelt und Klima
Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuk.nrw.de

www.lanuk.nrw.de